



ИПГС

Институт
промышленного
и гражданского
строительства

ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ

Сборник докладов научно-технической конференции
по итогам научно-исследовательских работ студентов
института промышленного и гражданского строительства

(г. Москва, 26 февраля – 1 марта 2024 г.)

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2024

ISBN 978-5-7264-3390-5

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2024

УДК 62+378
ББК 38
Д54

Д54 **Дни студенческой науки** [Электронный ресурс] : сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института промышленного и гражданского строительства (г. Москва, 26 февраля – 1 марта 2024 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, институт промышленного и гражданского строительства. — Электрон. дан. и прогр. (21 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2024. — URL: <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> — Загл. с титул. экрана.
ISBN 978-5-7264-3390-5

В сборнике содержатся доклады участников научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института промышленного и гражданского строительства НИУ МГСУ за 2023–2024 учебный год, которая проходила с 26 февраля по 1 марта 2024 года.

Для обучающихся по всем направлениям подготовки, а также для всех читателей, интересующихся современными тенденциями в студенческой науке строительного вуза.

Научное электронное издание

*Доклады публикуются в авторской редакции.
Авторы опубликованных докладов несут ответственность
за достоверность приведенных в них сведений.*

Ответственная за выпуск *Т.Ю. Познахирко*

Макет подготовлен оргкомитетом конференции.
Институт промышленного и гражданского строительства
(ИПГС НИУ МГСУ).

Тел. +7 (495) 287-49-14*3005.

Е-mail: ipgs@mgsu.ru

Сайт: www.mgsu.ru

<https://isa.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Instituti/ISA/>

Для создания электронного издания использовано:

Microsoft Word 2013, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 18.04.2024. Объем данных 21 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет».
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.

Тел.: +7 (495) 287-49-14, вн. 14-23, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95.

Е-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ:

1.	СЕКЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	5
2.	СЕКЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	59
3.	СЕКЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И УНИКАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	125
4.	СЕКЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ.....	209
5.	СЕКЦИЯ ИСПЫТАНИЯ СООРУЖЕНИЙ.....	251
6.	СЕКЦИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	317
7.	СЕКЦИЯ НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	368
8.	СЕКЦИЯ ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ И СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ	431
9.	СЕКЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СИСТЕМ	482
10.	СЕКЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ И БЕТОНОВ.....	548
11.	СЕКЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА.....	617
12.	СЕКЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА.....	689
13.	СЕКЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА.....	782
14.	СЕКЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	839
15.	СЕКЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	926

СЕКЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Студент магистратуры 1 года обучения 3 группы ИПГС Аволай Ж.Л.
Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, доц.
Ю.А.Шапошникова*

«ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УСИЛЕНИЯ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ»

С течением времени железобетонные плиты подвергаются различным видам нагрузок, нередко они подвергаются износу, повреждениям и деформациям. Этому может способствовать множество факторов, таких как недостаточная прочность материала, неоптимальная конструкция, низкое качество изготовления или изменения условий эксплуатации.

Строительная отрасль всегда обращала особое внимание на вопросы усиления железобетонных конструкций. **Основные причины необходимости усиления железобетонных плит перекрытий:**

1. Увеличение нагрузки, когда из-за изменений в условиях эксплуатации или добавления нового оборудования необходимо усилить железобетонные плиты перекрытий, чтобы они могли выдерживать дополнительную нагрузку.

2. Износ, когда со временем железобетонные плиты могут подвергаться износу и потере прочности из-за воздействия различных факторов, таких как влажность, температурные изменения, химические вещества и так далее.

3. Дефекты в конструкции из-за некачественное проектирование или исполнение работ при строительстве может привести к дефектам в конструкции плит перекрытий. Усиление может быть необходимо для устранения этих дефектов и повышения прочности конструкции.

4. Изменение нормативов и стандартов, которые могут потребовать усиления железобетонных плит перекрытий, чтобы они соответствовали новым требованиям безопасности и прочности.

5. Повреждения от чрезвычайных ситуаций таких как: пожары, землетрясения, наводнения и другие, которые могут привести к повреждениям железобетонных плит перекрытий. Усиление может быть необходимо для восстановления конструкции и обеспечения ее надежности после таких событий.

Чтобы устранить эти проблемы и повысить прочность плит перекрытия, применяются различные методы усиления, которые повышают несущую способность конструкции и улучшает ее эксплуатационные характеристики. А в условиях старения зданий, изнашивания отдельных строительных конструкций, изменения

назначения помещений, увеличения нагрузок на перекрытия зданий тема усиления плит перекрытий особенно актуальна.

В настоящее время существует несколько способов повышения долговечности различных видов железобетонных плит перекрытий. Эти методы включают:

1. Метод дополнительного армирования, то есть установка некоторого количества дополнительных арматурных стержней внутри или снаружи конструкции;
2. Использование лент из стекловолокна или углеродного волокна;
3. Усиление плит специальным высокопрочными составами;
4. Добавление дополнительных опорных элементов для плит;
5. Комплексное усиление, которое может включать несколько различных видов усиления.

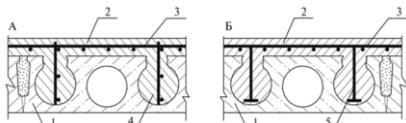


Рис. 1. Усиление пустотной плиты перекрытия методом внутреннего армирования: А – гибкой арматурой; Б – жесткой арматурой, 1 — плита; 2 — бетон усиления; 3 — горизонтальное армирование усиления; 4 — вертикальные каркасы усиления; 5 — прокатные двутавровые балки



Рис. 2. Усиление ребристой плиты композитными лентами



Рис. 3. Комплексное усиление монолитной ребристой плиты (подготовительный этап)



Рис. 4. Торкретирование плиты перекрытия

Наиболее подходящий вид усиления зависит вида усиливаемой плиты, индивидуальных условий строительства и эксплуатации зданий, а также от требований проектирования.

Тема усиления плит перекрытий различными методами достаточно

широко освещена как в российских, так и в зарубежных исследованиях [1-5]. Значительную часть литературы по этому вопросу составляют экспериментальные исследования. Экспериментальные исследования позволяют протестировать эффективность различных форм усиления и позволяют получить информацию о напряженно-деформированном состоянии плит в различных условиях. Исследования включают в себя проверку предела полезной нагрузки усиленных плит, измерение деформаций и напряжений в материале, а также исследование любых различий между характеристиками плиты до и после ее усиления.

Результаты экспериментальных исследований и полученные характеристики плит перекрытий, усиленные различными методами, можно сравнить между собой, чтобы выбрать наилучший метод усиления. Кроме того, экспериментальные работы могут также включать изучение поведения усиленных плит в ситуациях, имитирующих землетрясения, пожары или динамические нагрузки, а также другие природные и техногенные воздействия. На основе этого анализа можно определить, насколько усиленные плиты сопротивляются экстремальным условиям и какие методы армирования наиболее эффективны в таких случаях.

Вывод. Эти исследования помогут инженерам и проектировщикам правильно выбирать и использовать подходящие технологии и материалы, которые повысят прочность и долговечность плит перекрытий, учитывая экономическую эффективность применяемых технологий. А анализ результатов экспериментальных исследований, полученных различными исследователями, могут существенно помочь в решении данной задачи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Петров И.И., Иванов А.В., Сидоров Н.С.* Усиление железобетонных плит перекрытий с применением армирования. 2011;
2. *Шевченко Д.С., Иванов В.Г., Никитин А.С.* Применение композиционных материалов для усиления железобетонных плит перекрытий. Строительные материалы и изделия. 2018. № 2 (115);
3. *Лазовский Д.Н.* Усиление железобетонных конструкций, эксплуатируемых строительных сооружений. 1998;
4. *Сербиновский А.В., Пиневиц С.С., Сербиновский Е.А., Песоцкий Е.А.* Достоинства и недостатки различных вариантов усиления многопустотных железобетонных плит. 2015.
5. *Tamrazyan A.G., Matseevich T.A.* Stiffness of post-tensioned girderless floor with different column grids. Journal of Architectural and Engineering Research. 2021. Т. 1. № 2. С. 56-60.

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ БАЛКОННЫХ ПЛИТ В СБОРНЫХ, МОНОЛИТНЫХ И СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЯХ

Балконы являются несущими элементами многоэтажных, прежде всего, жилых многоквартирных зданий. В жилых зданиях старой постройки балконы являлись значимыми элементами фасадов, с помощью которых создавался их запоминающийся облик. Конструктивное решение балконов в зданиях старой постройки представляло собой плиты опертые на заделанные в стены металлические или железобетонные балки.

В современных многоквартирных жилых домах балконы, в основном, проектируются с покрытием и остеклением. Этому способствовало неудовлетворительное состояние незащищенных от атмосферных воздействий конструктивных элементов балконов, которое были выявлены в ходе проведения натурные обследования эксплуатируемых зданий [1].

На рис.1 приведено конструктивное решение балкона из сборных и монолитных сплошных железобетонных плит

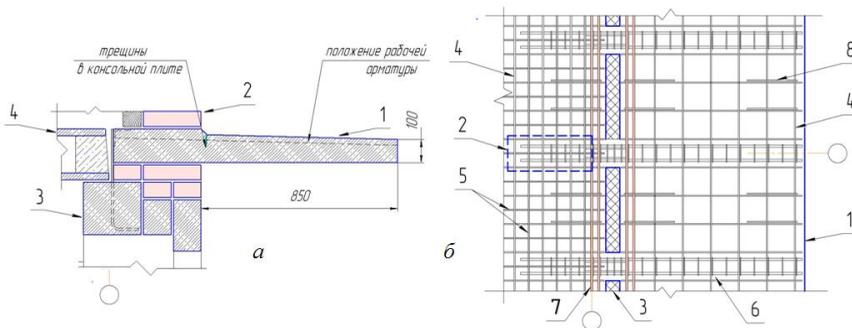


Рис.1. Конструктивное решение балкона из сборной железобетонной плиты для зданий с кирпичными стенами (а) и схема армирование плиты балкона монолитного здания (б)

Балконы из сборных железобетонных плит применяются для крупнопанельных зданиях и для зданий с несущими кирпичными стенами или несущими стенами из других каменных материалов. В [2] приведены технические требования к сборным балконным плитам: марки ПБ (плоские сплошные балочные), ПБК (плоские сплошные консольные), ПБР (ребристые консольные), которые регламентируют размеры. Ширина плит с учетом соблюдения модуля $M=100$ мм должна

быть в диапазоне 1200...1800 мм, длина с учетом соблюдения модуля 3М должна составлять 1200...7200 мм.

На рис.1а показана сборная железобетонная сплошная плита балкона (1). Плита работает как консоль и продольная рабочая арматура плиты входит в состав верхней сетки армирования плиты. Плита заведена в несущую кирпичную стену (2) на глубину 380 мм с тем, чтобы обеспечить опирание на эту же кирпичную стену многопустотной плиты перекрытия (4). Для надежного проектного положения плиты она должна быть закреплена к анкерам-выпускам (5) из железобетонной надколонной перемычки посредством сварки анкеров-выпусков с закладными деталями на боковой поверхности балконной плиты (6).

На рис. 1б приведено армирование плоской монолитной плиты перекрытия балкона здания. Балконная плита является продолжением монолитной плиты перекрытия, которая, в свою очередь, опирается на вертикальные несущие элементы (2). Плиту перекрытия и балконную плиту объединяют арматурные каркасы (6). Плита балкона армируется двумя вязаными сетками, расположенными у верхней и нижней граней плиты (4). Причем стержни продольной арматуры балконной плиты принадлежат верхней сетке и расположены перпендикулярно наружной несущей стене здания и доводятся до наружной грани плиты балкона (1). Под наружной стеной расположены отверстия в плите для размещения утеплителя (3), который предохраняет от промерзания плиту перекрытия внутри здания, примыкающую к балкону. Отверстия в плите обрамляются арматурными стержнями (7), а также, как и наружные грани балконной плиты обрамляются П-образными элементами (8).

На рис.2 приведены фото, сделанные при выполнении натурального обследования балконных плит монолитного многоэтажного каркасного жилого здания [3].



Рис.2. Деформации монолитных железобетонных балконных плит (а), определяемые при проведении геодезической съемке (б) и трещины между стеной здания и кирпичным ограждением балкона (в)

Деформации балконных плит определялись при помощи электронного тахеометра Sokkia SX-105 (рис.2б), ширину раскрытия трещин между стеной здания и кирпичным ограждением балконов устанавливали с использованием набора щупов (рис.2в).

Геодезическая съемка выявила превышение в эксплуатационной стадии прогибов балконных плит до 42мм против нормативного предельного прогиба по [4, 5] $f_{lit}=19\text{мм}$, что не было подтверждено расчетами с учетом устаовленных по результатам натурных облскдований прочностных характеристик бетона и арматуры, а также армирования и было объяснено наличием первоначального прогиба плиты балконов, обусловленного технологическими факторами.

Применение сборных балконных плит вместо монолитных должно найти отражение в расчетной схеме многоэтажного жилого здания с монолитными перекрытиями, а именно, узел сопряжения монолитной и сборной конструкций, в этом случае, является шарнирным с заданными жесткосными характеристиками, которые, в свою очередь, определяются в соответствии с конструктивным решением узлов сопряжения конструктивных элементов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Малахова А.Н.* Причины и механизмы эксплуатационных повреждений железобетонных балконных плит жилых зданий. – Промышленное и гражданское строительство, №7, 2016. с.69-73.
2. ГОСТ 25697-2018. Плиты балконов и лоджий железобетонные. Общие технические условия
3. *A.N.Malakhova, D.Y.Malakho.* Evaluation of the deformability of balcony plates of monolithic residential buildings. (Оценка деформативности балконных плит монолитных жилых зданий). – Серия конференций IOP: Материаловедение и инженерия, Том 1030, VII Международная научная конференция «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании» (IPICSE 2020) 11-14 ноября 2020 г., Ташкент, Узбекистан
4. *Tamrazyan A.G., Matseevich T.A.* Stiffness of post-tensioned girderless floor with different column grids. Journal of Architectural and Engineering Research. 2021. Т. 1. № 2. С. 56-60.
5. *Tamrazyan A.G., Chernik V.I., Matseevich T.A., Manaenkov I.K.* Analytical model of deformation of reinforced concrete columns based on fracture mechanics. Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings. 2022. Т. 18. № 6. С. 573-583.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВАРИАНТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

По данным Росстата объёмы возведения жилищно-гражданских зданий в монолитном исполнении выросли в 3 раза по сравнению с панельными за последние 10 лет. Использование монолитных конструкций позволяет увеличить высотность проектируемых зданий, воплотить необычные архитектурные формы, каждое здание приобретает индивидуальный дизайн. Задача строительной отрасли – произвести качественный и безопасный продукт для потребителя и экономически выгодный для заказчика.

Одним из методов повышения эффективности решений в области архитектурно-строительного проектирования является вариантное проектирование конструкций, представляющее собой разработку нескольких альтернативных вариантов допустимых проектных решений и выбор из них оптимальной генерации.

Сравнительная оценка вариантов производится по показателям эффективности (рис. 1).

Специалистами анализируются объёмно-планировочные, конструктивные, инженерные решения, условия возведения здания, состав и номенклатура строительных работ, сметная стоимость. Эффективным к дальнейшей разработке признаётся тот вариант, все показатели которого имеют наименьшие значения.



Рис. 1. Показатели эффективности

В настоящее время комплексный показатель оценки эффективности при выборе конструктивной системы монолитного здания не разработан. Экономически выгодный вариант может оказаться неэффективным по показателю обеспечения пожарной безопасности, обслуживанию объекта и т.п.

Над задачей вариантного проектирования трудились множество российских исследователей. Например, Якушев Н.М. рассказал о назначении вариантного проектирования и методах его осуществления [1].

Курносенко Л.В. предположила, что сравнению вариантов подлежат 4 подсистемы: объёмно-планировочные решения, конструктивные решения, организация и технология производства [2].

Важинкова Г.Н. предложила методику сравнения вариантов проектирования на основе их технико-экономической целесообразности, взаимозаменяемости конструктивных решений жилых зданий в которой разработала метод выбора единых оценочных показателей с составлением информационных карт [3].

Черноиван А.В. в своих работах раскрыл подходы в теории экономической эффективности, основанные на условии сопоставимости (единстве) сравниваемых конструкций, и рассмотрел вариантное проектирование как задачу в условиях ограниченных ресурсов [4, 5].

Так же, практически тему вариантного проектирования на примере сравнения различных типов монолитных перекрытий по расходу бетона и арматуры 16-этажного административного здания рассматривал Мишичев Д. К. [6].

Внастоящее время вариантное проектирование условно разделяют на несколько этапов:

1. Формулировка основной проблемы или выбор ключевого критерия для проработки;
2. Постановка целей и задач в проекте;
3. Изучение возможностей проектной команды;
4. Составление плана выполнения работ по проекту;
5. Расчёт графика продолжительности проектных работ (срока выполнения вариантного проектирования);
6. Определение ресурсов и источников их получения;
7. Расчёт затрат (сметы);
8. Разработка системы оценки проекта.

При вариантном проектировании монолитных зданий сравнению подлежит комплекс решений по следующим показателям: функциональная компоновка помещений в здании, выбор конструктивной схемы и системы, организация строительного производства (подсчёт расходов заказчика на поставку материалов, оплата аренды машин и механизмов, оплата труда рабочих), технологические процессы производства строительных работ и их стоимость. Основная цель вариантного проектирования – поиск наиболее оптимального варианта по показателям качества и стоимости.

Однако существуют сложности выполнения такого комплекса работ, такие как: трудоёмкость; высокая продолжительность процесса проектирования; потребность в высококвалифицированных специалистах в области архитектурно-строительного проектирования.

Стоит отметить, что при вариантном проектировании у специалистов нет цели проверить все возможные варианты, однако необходимо выбрать технически разные и наиболее целесообразные решения.

Таким образом, вариантное проектирование - это кропотливый процесс взаимоувязки требований строительных норм по обеспечению прочности, устойчивости, долговечности и безопасности проектируемого объекта, функциональных требований, требований заказчика и оптимизации его расходов, который дает ряд неоспоримых преимуществ: наличие выбора; минимизация количества корректировок в проекте; экономия средств заказчика.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Якушев Н.М., Ложкин Ю.Ф.* Особенности вариантного проектирования. Вестник ИЖГТУ имени М.Т. Калашникова, 2014 - 52-53 с.;

2. *Курносенко Л. В.* Вариантное проектирование при оценке технологичности проектов зданий. Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: Материалы международной научно-технической конференции, Могилев, 16–17 апреля 2009 года. Том Часть 1. – Могилев: Государственное учреждение высшего профессионального образования "Белорусско-Российский университет", 2009. – С. 217-218;

3. *Tamrazyan A.G., Matseevich T.A.* Stiffness of post-tensioned girderless floor with different column grids. Journal of Architectural and Engineering Research. 2021. Т. 1. № 2. С. 56-60.

4. *Черноиван А.В., Тимошук Н.А.* Вариантное проектирование зданий и сооружений как задача планирования при ограниченных ресурсах. Актуальные проблемы исследования материалов, конструкций, Материалы II Междунар. конф. / Брест. гос. техн. ун-т. – Брест, 2017. – С. 218–221.;

5. *Черноиван А.В., Тимошук Н.А.* Вариантное проектирование с использованием симплекс-метода. Вестник Брестского государственного технического университета. Экономика. – 2018. – № 3(111). – С. 40-43.;

6. *Мишичев Д. К.* Вариантное проектирование плит перекрытия многоэтажного административного здания из монолитного железобетона. Материалы XVI Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов - Астрахань, 2022.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

С регулярным развитием технологий строительная сфера исследует новые способы использования машинного обучения для решения различных задач и повышения эффективности этих решений. Машинное обучение [1, 2] имеет большие перспективы для строительной отрасли. Оно активно находит применение в различных областях техники, в частности при исследованиях железобетонных конструкций.

Несмотря на популяризацию машинного обучения, исследователи и другие конечные пользователи часто критикуют эти методы как «черный ящик», то есть считается, что они принимают входные данные и предоставляют выходные, но не дают физически интерпретируемой информации для пользователя.

Модель на основе машинного обучения может эффективно заменить более тяжелый аналог точных методов для отдельных задач в проектировании [3, 4] и оптимизации [5], а также прогнозирование в реальном времени, требующее многократного испытания модели, что иногда затруднительно из-за отсутствия достаточных и доступных компьютерных ресурсов.

Простейшая модель машинного обучения для определения предельного момента в железобетонных конструкциях может выглядеть так:

$$F_{ult} = \langle \bar{w}_i \bar{X}_i \rangle, \quad i = [0; n] \quad (1)$$

где: F_{ult} – значение предельного усилия, полученное в результате прогнозирования; \bar{w}_i – вектор весов; \bar{X}_i – вектор параметров проектирования; n – количество этих параметров.

Для определения коэффициентов \bar{w}_i можно использовать зависимость:

$$\bar{w} = ([X]^T [X])^{-1} X^T \bar{F}_{ult}^{am}, \quad (2)$$

где $[X]$ – матрица значений параметров проектирования, которая формируется в зависимости от размеров обучающей выборки; \bar{F}_{ult}^{am} – вектор значений, получаемых аналитически.

Одним из методов оценки качества модели машинного обучения является квадратичная функция потерь (MSE).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum (y_i - \hat{y}_i)^2, \quad (3)$$

где n – количество точек данных

y_i – результат для i -ой точки данных, полученный на основе СП 63.13330;

\hat{y}_i – прогнозируемый результат для i -ой точки данных, полученный по (1).

Примером использования машинного обучения может быть прогнозирование прочности строительных систем (рис. 1, 2)

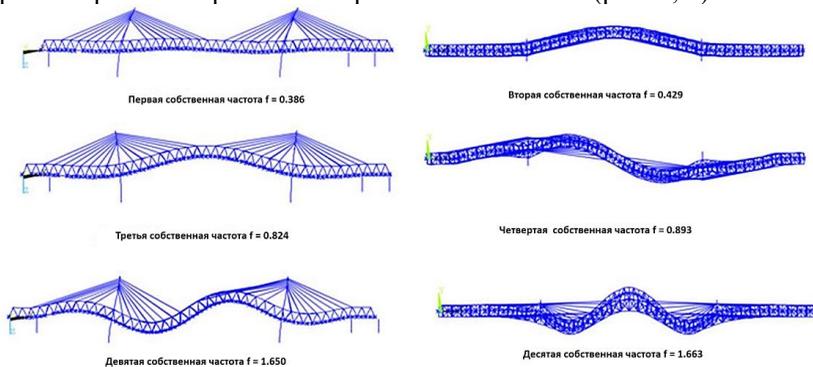


Рис. 1. Результат анализа собственных форм и частот колебания моста с помощью машинного обучения: МКЭ расчет (слева), прогноз на основе машинного обучения (справа)

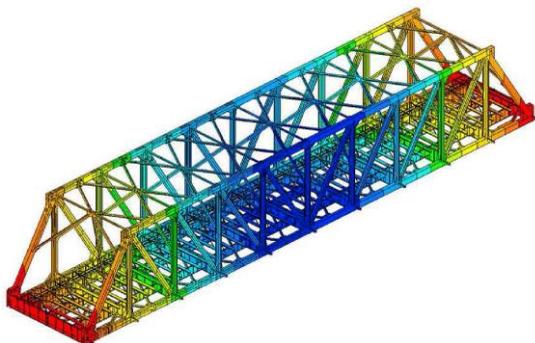


Рис. 2. Результат расчета перемещений моста с помощью алгоритмов машинного обучения

Основные области применения машинного обучения следующие:

1. BIM моделирование (3D Building Information Modelling)

2. Система мониторинга состояния конструкций (SHM Structural health monitoring) в т.ч. выявление повреждений, планирование возведения, обслуживания и ремонта зданий.

3. Проектирование и анализ строительных конструкций с учетом факторов механической, пожарной и др. видов безопасности.

ВЫВОД

Строительная отрасль сталкиваются с множеством проблем, включая усложнение проектов, необходимость роста вычислительных мощностей, недостаток квалифицированных кадров. Все эти ограничения влияют на развитие отрасли. В этих условиях методы машинного обучения и нейронных сетей, будут неизбежно использоваться для автоматизации и прогнозирования сложных, ресурсоемких процессов в области гражданского строительства и проектирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *R. Shashank S., Betgeri, C. M. John, E. Matthews.* A review of physics-based machine learning in civil engineering // Results in Engineering. — 2022. - № 13. - С. 1-12.

2. *Курченко Н.С., Алексейцев А.В.* Идентификация силовых воздействий на несущую систему с использованием нейросетевых технологий. Инженерный вестник Дона. 2023. № 9 (105). С. 258-267.

3. *Туснина О.А., Алексейцев А.В.* Расчет стальных рам с учетом различных уровней детализации моделирования // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 9. С. 29-37.

4. *Серпик И.Н., Алексейцев А.В., Левкович Ф.Н., Тютюнников А.И.* Структурно-параметрическая оптимизация стержневых металлических конструкций на основе эволюционного моделирования Известия высших учебных заведений. Строительство. 2005. № 8 (560). С. 16-24.

5. *Alekseytsev A., Botagovsky M., Kurchenko N.* Cost minimization for safety enhancing of timber beam structures in historical buildings. В сборнике: E3S Web of Conferences. 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. 2019. С. 03002.

6. *Курченко Н.С., Алексейцев А.В.* Эволюционная модель поиска рационального распределения ресурсов при ограничении продолжительности строительства. Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 4 (70). С. 19-23

7. *Тамразян А.Г.* Методология анализа и оценки надежности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций. Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. № 1. С. 5-18.

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ НАВЕСНЫХ ФАСАДНЫХ ПАНЕЛЕЙ ИЗ ПОЛИМЕРБЕТОНА

С каждым годом в современном мире появляется всё больше инновационных строительных материалов для отделки фасадов зданий. Среди таких материалов можно выделить приходящий на смену традиционным отделочным материалам и не уступающий им по характеристикам полимербетон. На сегодняшний день полимербетоны применялись в качестве отдельных декоративных элементов отделки фасадов зданий, так как они не только устойчивы к разрушающим факторам, но и эстетически привлекательны, благодаря чему активно используются дизайнерами, архитекторами и скульпторами [1]. В настоящее же время идет внедрение в практику строительства навесных фасадных панелей из полимербетона. Поверхность таких стеновых панелей может иметь разнообразную фактуру, что позволяет придавать выразительный запоминающийся внешний облик зданию и расширить возможности для архитекторов.

Полимербетон – это бетон, произведенный с заменой цементного вяжущего полимерами. В таких бетонах могут использоваться в качестве наполнителя гранит, базальт, доломит, кварц мрамор и т.д. Наполнитель совместно с вяжущим веществом влияют как на структуру, так и на внешние качества изделия. Кроме того, могут применяться отвердители и различные красители для достижения более выразительных эстетических свойств.

Из преимуществ полимербетона также выделяют:

- короткий период отверждения;
- повышенная износостойкость;
- устойчивость к химическим и температурным воздействиям (при применении специальных добавок);
- практически полная водонепроницаемость.

Сочетание всех этих свойств побудило еще в 2006 году компанию «Идеальный Камень» первой в России начать производить архитектурный декор «ARHIO» из полимербетона.

В целях внедрения в практику строительства навесных фасадных панелей из полимербетона нами запланирован ряд экспериментальных исследований.

В рамках изучения прочностных и деформативных характеристик были произведены испытания образцов материала и построены аналитические модели.

Согласно испытаниям, были получены следующие характеристики полимербетона:

- средняя плотность равна 1740 кг/м^3 ;
- средняя прочность при сжатии составляет $70,2 \text{ МПа}$;
- модуль упругости для полимербетона 11300 МПа ;
- коэффициент Пуассона равен $0,284$.

Расчетная нагрузка для исследования была принята согласно карте 2 приложения Е СП 20.13330.2016 [3] для города Москва, который относится к I ветровому району с нормативным ветровым давлением $0,23 \text{ кПа}$. Пиковая ветровая нагрузка принимается за расчетную и составляет 120 кг/м^2 .

Испытание полимербетонной панели «АРНЮ» на ветровую нагрузку будут проводиться на образцах размером $1900 \times 3700 \text{ мм}$.

Для подбора эквивалентной нагрузки и максимального разрушающего усилия перед испытаниями натурного образца были произведены расчеты плиты в программном комплексе ANSYS.

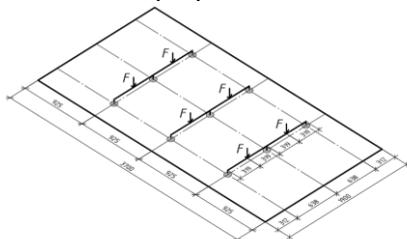


Рис. 1. Схема приложения нагрузки на испытательном стенде

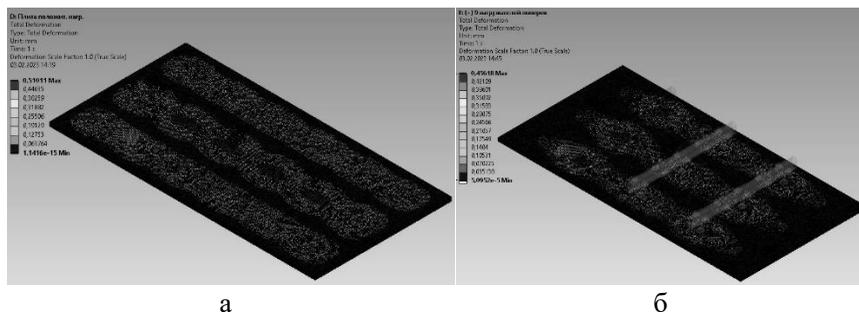


Рис. 2. Максимальные перемещения полученные в ANSYS:
а) равномерно-распределенная нагрузка
б) «через траверсы»

Кроме того, в целях создания усилий от распределенной нагрузки в 120 кг/м^2 на испытательном стенде была выбрана схема приложения нагрузки через три траверсы, расположенных в поперечном направлении.

Ниже представлена таблица сходимости результатов расчёта создания эквивалентной нагрузки

Таблица 1

Анализ сходимости результатов по усилиям

Схема нагружения	Перемещение, мм	Напряжения, МПа	Разница по перемещению	Разница по напряжению
Равномерно-распределенная нагрузка	0,51	3,56	9,8%	2,0%
«Через траверсы»	0,46	3,49		

По результатам выполненных расчётов можно сделать вывод, что схема создания равномерно-распределенной нагрузки подобрана корректно. Данная схема так же будет применяться для создания отрицательной равномерно-распределенной нагрузки. Результаты испытаний могут использоваться для развития исследований [2-6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Котляревская А.В., Вагурина Ю.А.* История исследования и потенциал будущего применения бетонов на основе полимерных вяжущих URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-issledovaniya-i-potentsial-budushego-primeneniya-betonov-na-osnove-polimernyh-vyazhuschih> (дата обращения: 17.02.2024).

2. *Tamrazyan A.G., Chernik V.I., Matsevich T.A., Manaenkov I.K.* Analytical model of deformation of reinforced concrete columns based on fracture mechanics. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2022. Т. 18. № 6. С. 573-583.

3. *Тамразян А.Г.* Методология анализа и оценки надежности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций. *Железобетонные конструкции*. 2023. Т. 1. № 1. С. 5-18.

4. *Тамразян А.Г.* К устойчивости внецентренно сжатых железобетонных элементов с малым эксцентриситетом с учетом реологических свойств бетона. *Железобетонные конструкции*. 2023. Т. 2. № 2. С. 48-57. 7

5. *Тамразян А.Г.* Концептуальные подходы к оценке живучести строительных конструкций, зданий и сооружений. *Железобетонные конструкции*. 2023. Т. 3. № 3. С. 62-74.

6. *Тамразян А.Г.* К анализу надежности конструкций балочных систем. *Железобетонные конструкции*. 2023. Т. 4. № 4. С. 13-19.

Студент 3 курса 1 группы ИГЭС Ишанкулов П.М.

Студент 3 курса 1 группы ИГЭС Корюкин М.Р.

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук А.Д. Истомин

ВЛИЯНИЕ ВЫЯВЛЕННЫХ ДЕФЕКТОВ БЕТОНА НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КОЛОНН

При изготовлении, монтаже, эксплуатации или ремонте в железобетонных конструкциях могут возникать дефекты (повреждения). Их возникновение может быть обусловлено рядом причин: нарушение технологического процесса; агрессивное воздействие окружающей среды; превышение значений нагрузок, заложенных в проектах и т.п. [1,2,3,4].

Часто в качестве вертикальных несущих элементов используются железобетонные колонны, при эксплуатации которых встречаются дефекты в виде сколов бетона различной глубины и высоты. Повреждения такого типа обусловлены механическим воздействием. Например, в колоннах производственных зданий дефекты в виде сколов бетона могут возникать при ударах грузов, перемещаемых кранами или при движении погрузочно-транспортных средств [5].

Результаты обследования колонн показывают, что повреждения в виде сколов бетона в большинстве случаев располагаются по углам колонн. Уменьшение поперечного сечения и оголение рабочей арматуры в местах расположения сколов существенным образом может повлиять на напряженно-деформированное состояние колонн.

Цель настоящих исследований – исследование влияния глубины сколов бетона на напряженно-деформированное состояние колонн.

В результате обследования железобетонных конструкций многоэтажного производственного здания были установлено, что колонны имеют поперечное сечение 40x40 см. Колонны заармированы четырьмя стержнями Ø18мм класса А400, защитный слой – 41 мм. Класс бетона по прочности на сжатие В20. Отдельные колонны (около 23%) имеют повреждения в виде сколов бетона от механического воздействия. При этом сколы имеют различную глубину. Для расчета в ПК «ЛИРА САПР» площадь сколов, расположенных в угловых зонах поперечного сечения колонн, заменялась эквивалентной равномерной площадью по всему периметру сечения.

Сторона эквивалентного поперечного сечения при равномерном уменьшении площади поперечного сечения колонны равна:

$$a_1 = (a - \delta) = \sqrt{a^2 - \Delta A}, \quad (1)$$

где $a = 40$ см - сторона сечения колонны без повреждения; δ - уменьшение стороны поперечного сечения площади поперечного сечения; $\Delta A = 4S_{1c}$ - площадь четырех сколов; $S_{1c} = 0,5l_c^2$ - площадь одного скола, l_c - катет скола (по результатам обследования).

Результаты обследования и вычислений представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты обследования и вычислений

№ дефекта	l_c , см	S_{1c} , см ²	ΔA , см ²	a_1 , см	δ , см
-	0	0	0	40	0
1	11,25	63,28	253,12	36,7	1,65
2	18,71	175,03	700,12	30,0	5,0
3	20,06	201,20	804,80	28,2	5,9

Поперечные сечения колонн без дефектов и с угловыми сколами длиной 50 см, замененные равномерным уменьшением площади поперечного сечения представлены на рис. 1.

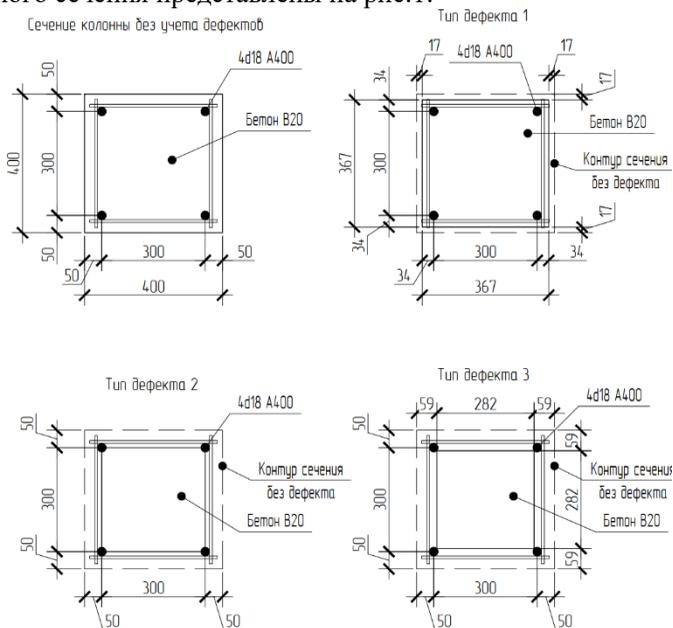


Рис. 1 – Принятые для расчета типы сечений обследованных колонн

Результаты расчетов колонн без повреждений и с повреждениями в виде сколов в ПК «ЛИРА САПР» приведены на рис.2.



Рис.2. Результаты расчета колонн с повреждениями в виде сколов

Анализ полученных данных показывает, что на напряженно-деформированное состояние колонн значительное влияние оказывает толщина повреждения бетона сечения (площадь сколов).

При уменьшении сечения на 11,8 см напряжения в бетоне и арматуре увеличиваются соответственно в 1,59 и 3,86 раза, а сжимаемость в 1,43 раза.

Выводы

1. На напряженно-деформированное состояние колонн значительное влияние оказывает толщина повреждения бетона сечения.

2. При уменьшении сечения в пределах защитного слоя бетона напряжения в бетоне и арматуре увеличиваются соответственно в 1,16 и 1,28 раза, а сжимаемость в 1,03 раза.

3. При полном оголении арматуры напряжения в бетоне и арматуре увеличиваются соответственно в 1,59 и 3,86 раза, а сжимаемость в 1,43 раза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Волосухин В.А и др.* Дефекты и повреждения строительных конструкций мостов на мелиоративных каналах Ростовской области: монография. Изд-во ЮРГПУ (НПИ), 2013. 126 с.

2. *Афанасьева В.Ф.* Дефекты в конструкциях в процессе строительства и современные приемы их устранения // Технологии бетонов №7. –2014. С.33-37.

3. *Абрамов Д.Н.* Основные причины возникновения дефектов в бетонных конструкциях// Технологии бетонов №8. –2014. С.42-43.

4. *Пухонто Л.М.* Долговечность железобетонных сооружений (силосов, бункеров, резервуаров, водонапорных башен, подпорных стен): монография. – М. : АСВ, 2004. – 424 с.

5. *Крахмальный Т.А., Евтушенко С.И.* Дефекты и повреждения железобетонных колонн производственных зданий // Строительное Строительство и архитектура. Том 8. Выпуск 2 (27). – 2020. С.5-10.

Студентка 3 курса 8 группы ИПГС Ирха А.Д.

Студентка 3 курса 10 группы ИПГС Фомина В.Е.

Научный руководитель – проф., канд. тех. наук В.А. Люблинский

НЕЛИНЕЙНАЯ ДЕФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

Основой для расчета любой железобетонной конструкции является получение данных о ее НДС – получение напряжений и деформаций по всему поперечному наиболее нагруженному сечению данной конструкции.

Расчет железобетонных элементов предполагает использование линейной деформационной модели. Данную модель использует метод предельных состояний, указанный в СП 63.13330.2018. С развитием технологий и ЭВМ стало возможным проектировать железобетонные элементы, рассчитанные нелинейным методом. Достоинством нелинейной деформационной модели является обеспечение конструкционной безопасности и эксплуатационной пригодности конструкции на всех этапах жизненного цикла здания [1]. Для этого используют диаграммы деформирования материалов - «σ-ε», которые являются более универсальными: не зависят от геометрических и статических характеристик, а опираются только на свойства данного материала [2].

Используем нелинейную деформационную модель [3] для анализа изгибаемого прямоугольного сечения железобетонной балки с размерами 60x20см, классом бетона В40, арматурой класса А500 в растянутой зоне площадью 4,95 см² и изгибающим моментом, имеющим значение - 326 кНм.

Представим его в виде совокупности *i* слоев бетона, которые связаны гипотезой плоских сечений. Нулевым слоем будем считать арматуру в растянутой зоне - заштрихованный слой (см. рис.1). Воспользуемся алгоритмом [4] и применим два способа вычисления напряжений. Первый – зависимость Онищика Л.И. [4] -

$$\sigma = 1,1 \cdot R_{пр} \cdot \left(1 - \frac{1}{\exp\left(\frac{0,9 \cdot E_b \cdot \varepsilon_b}{R_{пр}}\right)} \right),$$

где "σ" – напряжение в *i* слое; $R_{пр}$ – предельное сопротивление бетона сжатию; E_b – модуль упругости бетона; ε_b – относительная деформация в *i* слое.

Второй - расчет по наиболее простой зависимости [5] -

$$\sigma = R_b \cdot \left(1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^n \right)$$

где ε_c – относительная деформация i слоя; ε_0 – предельная относительная деформация; n - коэффициент, принимаемый равным двум.

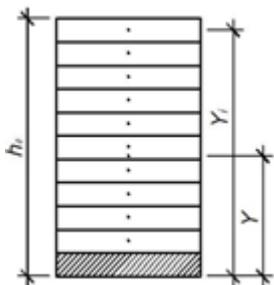


Рис. 1. Расчетное сечение изгибаемого железобетонного элемента

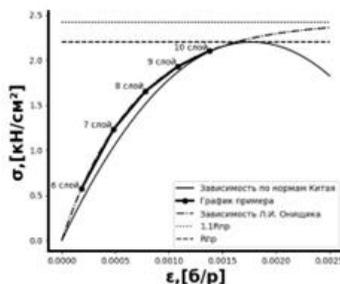


Рис. 2. Проверка точности итерационного процесса

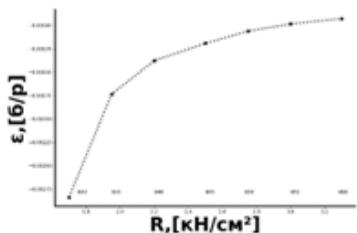


Рис. 3. Деформация десятого слоя поперечного сечения в зависимости от прочности бетона

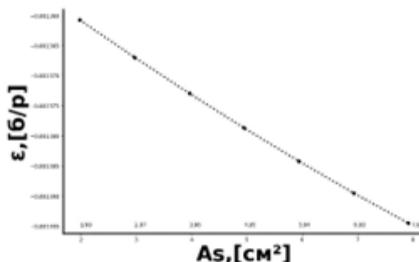


Рис. 4. Деформация десятого слоя поперечного сечения в зависимости от площади растянутой арматуры

В первом приближении примем, что сечение работает упруго, далее осуществляя итерационный расчет, будем корректировать значения секущих модулей упругости. Проведем расчет в среде программирования python. Получившиеся результаты численного расчета сравним с зависимостями « σ - ε ». Для наглядного представления отобразим полученные значения на графике (см. рис.2). Проанализировав, можно сделать вывод о сходимости вычислений запрограммированного алгоритма.

Стоит отметить, что программный комплекс ЛИРА-САПР использует практически идентичную зависимость для расчета конструкций -

$$\sigma = R_b \cdot \left(1 - \frac{1}{\exp\left(\frac{E_b \cdot \varepsilon_b}{R_b}\right)} \right).$$

Результаты вычисления программы показали, что напряжения в данном сечении и с представленным армированием не превышают предельных значений. Следовательно данное армирование и класс бетона подобраны верно для данного сечения и нагрузки.

Используя этот алгоритм, можно задавать любые данные: изменять класс бетона, нагрузки, площадь и класс арматуры для того, чтобы делать выводы о поведении конструкции.

Изменим класс бетона при той же установленной арматуре в растянутой зоне. По графику мы можем судить о том, что класс бетона В30 не может быть использован для реализации данной конструкции, так как деформации превышают предельное значение (см. рис.3.). Поставим задачу по-другому и будем изменять площадь арматуры. По данным результата расчета можно фиксировать как изменяются деформации, чтобы сделать вывод – какое армирование подобрать (см. рис.4.). Стоит отметить, что данные графики нелинейны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Н. И. Карпенко, Б. С. Соколов, О. В. Радайкин. Анализ и совершенствование криволинейных диаграмм деформирования бетона для расчета железобетонных конструкций по деформационной модели // Промышленное и гражданское строительство. – 2013. – № 1. – с. 28-30.

2. О.В. Радайкин, И.Т. Мирсяпов. Диаграммные методы расчета железобетонных конструкций // учебно-методическое пособие для магистрантов направления подготовки 08.04.01 «Строительство» по дисциплине «Диаграммные методы расчета железобетонных конструкций». – Казань. – 2019.

3. Н.Н. Трекин, А.В. Алексейцев, В.В. Бобров, Е.В. Домарова. Расчет железобетонных изгибаемых конструкций на основе нелинейной деформационной модели. / [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. — Москва: Издательство МИСИ – МГСУ, 2023.

4. *Tamrazyan A.G., Chernik V.I., Matseevich T.A., Manaenkov I.K.* Analytical model of deformation of reinforced concrete columns based on fracture mechanics. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2022. Т. 18. № 6. С. 573-583.

5. GB 50010-2010 (2015) Code for design of concrete structures (English Version) – Code of China.

6. *Тамразян А.Г.* К устойчивости внецентренно сжатых железобетонных элементов с малым эксцентриситетом с учетом реологических свойств бетона. *Железобетонные конструкции*. 2023. Т. 2. № 2. С. 48-57. 7

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ И РЕКОНСТРУКЦИИ СТАРЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ

Целью данного исследования является исследование различных методов усиления и модернизации старых железобетонных конструкций с целью повышения их надежности и безопасности. Эти старые железобетонные конструкции, такие как мосты, здания и другие инфраструктурные сооружения, со временем теряют свои первоначальные свойства, вызывая различного рода повреждения и снижая их надежность и безопасность. Структуры являются важной частью инфраструктуры, и их состояние может существенно повлиять на их производительность. следовательно, исследование включает анализ различных факторов, таких как конструктивные особенности, степень повреждения, экономическая осуществимость и техническая осуществимость проекта. полученные результаты позволяют выявить наиболее эффективные методы укрепления старых железобетонных конструкций и рекомендовать их для практического применения. Эти рекомендации помогают повысить надежность и безопасность старых железобетонных конструкций, оптимизировать затраты на армирование и ремонт.



Рис. 1. Коррозия арматуры

Рассмотрен метод определения деформационных швов, поврежденных коррозией, для железобетонных конструкций различного сечения. В первом случае жесткость элементов при определении прогиба считается постоянной. Во втором случае отклонение рассчитывается с учетом разной высоты поврежденных участков бетона вдоль пораженных конструкций. Для этих методов моделируется снижение жесткости сечения конструкции, которое необходимо отрегулировать в случае коррозионного повреждения бетона в зоне сжатия. Исследования показали, что отклонения конструкций значительно увеличиваются при наличии коррозионных повреждений, что требует обязательного исследования на протяжении всего жизненного цикла для оценки механической целостности несущих конструкций. В современной строительной отрасли жизненно важно решать проблемы безопасности на строительных площадках путем решения проблем, связанных с долговечностью железобетонных элементов при воздействии экстремальных нагрузок и факторов окружающей среды. Длительное воздействие суровых внешних условий и отсутствие своевременного ремонта способствуют коррозии этих элементов, что снижает их несущую способность и сокращает срок службы зданий. Текущие проблемы включают в себя работу коррозионных железобетонных элементов при динамических и статических нагрузках. Для изучения этой проблемы локально поврежденная изогнутая железобетонная конструкция в сжатом сечении была исследована с использованием современных компьютерных программ и систем [1-2].

Методическое пособие используется при проектировании ремонта и армирования железобетонных конструкций зданий и сооружений различными видами наружных армирующих устройств из композитных материалов на основе углепластика, из арамида и стекла. Руководство по эксплуатации содержит рекомендации по проектированию ремонта и армированию железобетонных конструкций из тяжелой стали и мелкозернистого бетона в соответствии с требованиями норм [3-6], из которых известно, что армирование железобетонных конструкций наружной арматурой производится в следующих случаях:

- конструктивные дефекты и повреждения (например, воздействие прочность, коррозия, температура или другие воздействия, в том числе неравномерное проседание фундамента), что снижает прочность, деформационные свойства конструкций и ухудшают эксплуатационные характеристики. состояние здания или конструкции в целом.

В исследовании были рассмотрены различные методы армирования и восстановления старых железобетонных конструкций с целью повышения их надежности и безопасности.

Исследование показало, что использование современных технологий и материалов позволяет значительно улучшить свойства старых конструкций, продлить их срок службы и обеспечить высокий уровень безопасности. Результаты исследования дают рекомендации по выбору оптимальных методов армирования и реконструкции, которые могут быть использованы при проектировании [7-9] и ремонте железобетонных конструкций. В целом исследование показало, что правильный подход к укреплению и восстановлению старых железобетонных конструкций является ключевым для обеспечения их долговечности, надежности и безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Курченко Н.С., Гришков В.А.* К оценке жесткости коррозионно-повреждаемых железобетонных балок. Инженерный вестник Дона № 9, 2022.
2. *Тамразян А.Г., Попов Д.С.* Напряженно-деформированное состояние коррозионно-поврежденных железобетонных элементов при динамическом нагружении. Промышленное и гражданское строительство. С. 266–271.
3. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
4. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии.
5. Методические рекомендации по технологии и механизации работ при строительстве, ремонте, усилении конструкций методом набрызга бетонной смеси. ЦНИИОМТП, 1986 г.
6. ГОСТ 33762-2016 Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к инъекционно-уплотняющим составам и уплотнениям трещин, полостей и расщелин.
7. *Тамразян А.Г.* Концептуальные подходы к оценке живучести строительных конструкций, зданий и сооружений. Железобетонные конструкции. 2023. Т. 3. № 3. С. 62-74.
8. *Тамразян А.Г.* К анализу надежности конструкций балочных систем. Железобетонные конструкции. 2023. Т. 4. № 4. С. 13-19.
9. *Тамразян А.Г., Орлова М.А.* К остаточной несущей способности железобетонных балок с трещинами. Жилищное строительство. 2015. № 6. С. 32-34.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПАНДУСА КРИВОЛИНЕЙНОГО ОЧЕРТАНИЯ

Криволинейные пандусы наряду с криволинейными лестницами могут проектироваться для придания интерьерам, а при панорамном остеклении наружных стен, - внешнему виду зданий архитектурной выразительности. На рис.1 показано фото здания торгово-развлекательного комплекса, лестничная клетка которого имеет криволинейное очертание и представляет собой хорошо обозреваемый пристроенный объем. Стены лестничной клетки имеют панорамное остекление. В темное время суток снаружи хорошо видна лестница криволинейного очертания.



Рис. 1. Криволинейная лестница торгово-развлекательного комплекса

Следует отметить, что в качестве несущих элементов железобетонных криволинейных лестниц могут выступать [1]:

- криволинейный брус (брусья), к которому крепятся сквозные ступени (рис. 2а);
- сплошные перила-балки, на которые снизу крепятся ступени (рис. 2б);
- сплошная плита-пластина, по верхней поверхности которой располагаются ступени.

Пандусы (рампы), как правило, имеют прямолинейные и криволинейные участки и выполняются в виде сплошной плиты-пластины (рис. 2в). Плита-пластина пандуса может опираться на стойки-колонны и включать балки-ребра. Пандусы могут быть также пешеходными. На рис. 2 представлены пространственные модели (3-D графика) несущих систем криволинейных лестниц и пандусов.

Криволинейный пандус имеет следующие геометрические размеры: внешний радиус ramпы составляет 7,4 м, внутренний – 3,9 м, ширина проезжей части – 3,5 м. Толщина сплошной плиты-пластины принята 250 мм.

Уклон проезжей части открытого пандуса назначен 10%.

Для исследования работы железобетонного пандуса криволинейного очертания был использован программный комплекс ЛИРА-САПР [2, 3].

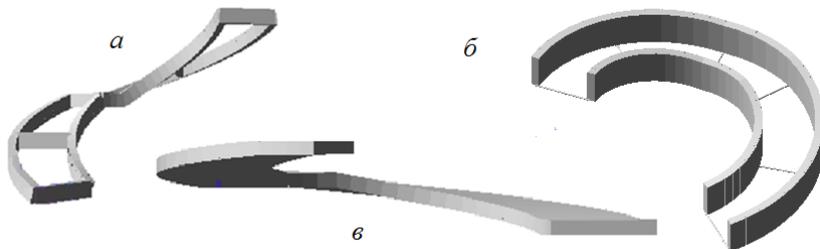


Рис. 2. Конструктивное решение несущей системы криволинейных лестниц и пандусов: *а* — криволинейные брусья; *б* – сплошные перила-балки; *в* – сплошная плита-пластина

Для построения расчетной модели криволинейного пандуса можно воспользоваться командой ПК ЛИРА *вращение образующей*, построив предварительно образующую-стержень. Образующую можно построить на сети (команда *генерация прямоугольной сети*). Затем на сети моделируется образующая-стержень (команда *добавить стержень*). Выделив образующую, в диалоговом окне команды *вращение образующей* необходимо задать данные для выполнения команды: *вид элементов, тип решетки, координаты центра вращения, угол поворота образующей* $\varphi=180^\circ$ и *высоту ее подъема* dz , которая назначена 1,75 м.

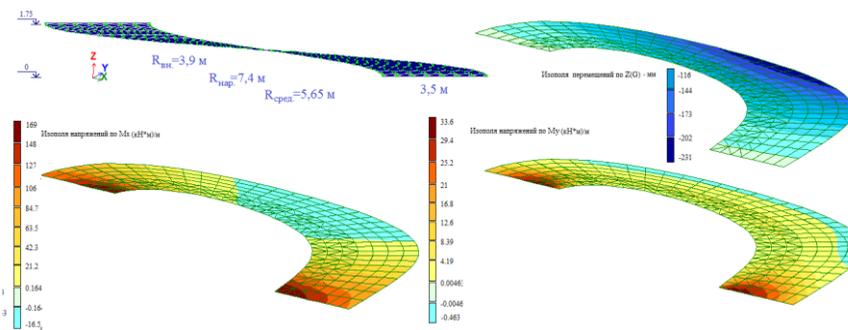


Рис. 3 Геометрия расчетной схемы и результаты статического расчета криволинейного пандуса

Максимальный прогиб плиты пандуса с учетом среднего значения коэффициента надежности по нагрузке и доли длительности составил: $f=(23,1/1.15) \cdot 0.85=17,1$ см. Длина плиты пандуса по средней линии верхней грани ($R_{\text{сред.}}=5,65$) составляет $3,14 \cdot 5,65=17,7$ м. Предельно допустимое значение прогиба $-17,7/250=7,1$ см. Требуется установка промежуточной опоры (опор).

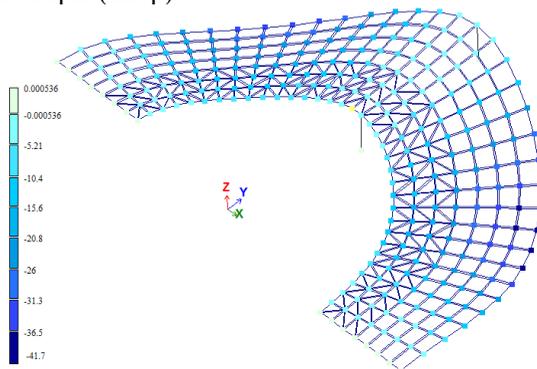


Рис. 4. Мозаика перемещений по оси Z на деформированной схеме плиты пандуса

Установка промежуточных опор (колонн) позволит снизить прогиб плиты пандуса до приемлемых значений $f=(4,17/1.15) \cdot 0.85=3,1$ см $< 17,7/250=7,1$ см.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Канчели В.Н.* Строительные пространственные конструкции. – М., АСВ, 2004, С.52-55.
2. *Малахова А.Н.* Компьютерное моделирование железобетонных лестниц и пандусов криволинейного очертания. - Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Материалы VI Международной (XII Всероссийской конференции). CDLC-2022 - Чебоксары, 2022.
3. *Городецкий А.С., Евзеров И.Д.* Компьютерные модели конструкций. – М. АСВ. 2009. 357с.
4. *Тамразян А.Г., Аветисян Л.А.* Экспериментальные исследования внецентренно сжатых железобетонных элементов при кратковременных динамических нагружениях в условиях огневых воздействий. Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 4. С. 24-28.
5. *Тамразян А.Г., Филимонова Е.А.* Структура целевой функции при оптимизации железобетонных плит с учетом конструкционной безопасности. Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 9. С. 14-15.

Студентка 4 курса 13 группы ИГЭС Липина А.Б.

Студентка 4 курса 13 группы ИГЭС Бацан С.Р.

Научный руководитель - доц., д-р техн.наук, доц. А.В. Алексейцев

ВЛИЯНИЕ ПОДАТЛИВОСТИ ОПОР ЗАГЛУБЛЕННЫХ ПЛИТ СООРУЖЕНИЙ НА ПРЕДЕЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ УДАРНОЙ НАГРУЗКИ

В настоящее время все большее развитие получают активные способы защиты конструкций, обеспечивающие снижение интенсивности динамической нагрузки. Одним из путей повышения сопротивления конструкций действию динамических нагрузок большой интенсивности является применение податливых опор [1-4] (рис.1). В качестве податливых опор в данной работе рассмотрены сминаемые вставки кольцевого сечения, деформирующиеся в упругой стадии, пластической и стадии отвердения.

Для оценки влияния вертикальной податливости опор на усилия и перемещения, опертых по контуру железобетонных плит проделан численный анализ напряженно-деформированного состояния фиброжелезобетонных плитных конструкций при аварийных динамических воздействиях. Рассматривается сборная плита покрытия защитного сооружения, заглубленного в грунт. Ударные воздействия на плиту считаются импульсными. Причиной их возникновения полагается взрыв на поверхности земли или иной импульс, передающийся через грунт на конструкцию. Исследуется изменение во времени НДС в арматуре при изменении податливости опор. Рассматривается возможность жесткого или упругопластического деформирования опор при симметричном нагружении импульсной нагрузкой. Модель напряженно-деформированного состояния плиты здания в расчетной программе Femap, имеющая защитное функциональное назначение и расположенная на некотором заглублении от поверхности грунта. За основу взята структура типового решения по серии У 01-01-/80 «Унифицированные сборно-монолитные конструкции заглубленных помещений с перекрытиями балочного типа». Эксплуатационная нагрузка - 15 кПа включает собственный вес плиты 3 кПа, и вес грунта толщиной 1м – 12 кПа. Геометрическая и расчетная схемы плиты показаны на рисунке 2.

Использовался фибробетон, имеющий сопротивление растяжению в 4 МПа, сопротивление сжатию 22 МПа. Первоначально выполнялась верификация модели путем оценки предельного статического нагружения. В нелинейном расчете получено значение предельного статического нагружения равномерной нагрузкой $q_{st,lim} = 41,5$ кПа.

Прогиб конструкции при ограничениях СП 63.1330, СП 297.1325800 по деформациям материалов составил 8,3 см [5]. Общая картина НДС для момента статического нарушения показана на рис. 3.

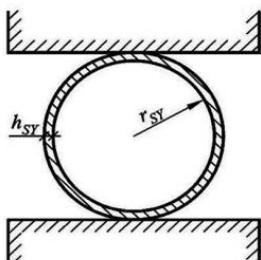


Рис. 1. Податливые опоры в виде сминаемых вставок кольцевого сечения

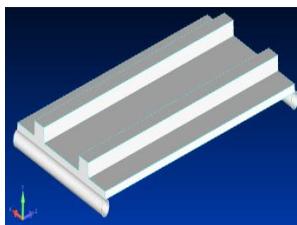


Рис. 2. Модель заглубленной плиты

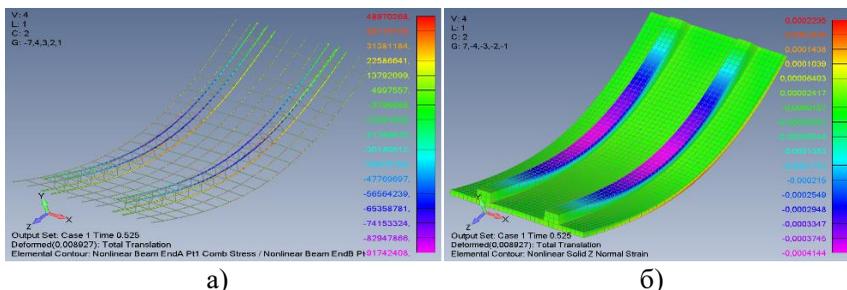


Рис. 3. НДС заглубленной плиты: осевые напряжения в арматуре (а), главные напряжения в бетоне (б)

Для того, чтобы понять, какая толщина трубы оптимальна, мы рассчитывали модель с десятью разными толщинами: 1,5; 3; 5; 7; 9; 11; 13; 17; 25 мм и толщину трубы, при которой жесткость стремиться в бесконечность. Расчет модели с трубой толщиной 1,5 и 3 мм показал, что такая конструкция не выдерживает и эксплуатационной нагрузки. Для остальных толщин значения предельных величин приведены в таблице 1. При жесткости трубы стремящейся в бесконечность, что эквивалентно отсутствию податливой опоры, критическая нагрузка равна 25,5 Мпа. Результаты показаны в таблице 1.

Табл. 1

Толщина трубы, мм	5	7	9	11	13	17	25
Предельная нагрузка, Мпа	24	34	33	33,5	33,6	33,5	33,1

Чтобы определить оптимальную толщину трубы для дальнейшей работы мы сравнивали между собой критические нагрузки при разной податливости опоры с плитой на жесткой опоре. Согласно нашему

исследованию, предельная нагрузка оказалось максимальной при жесткости трубы с толщиной 7 мм. График изменения напряжений в арматурных стержнях балок во времени показан на рис 4.

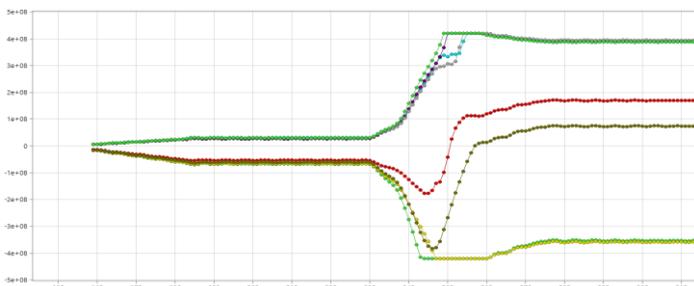


Рис. 4. Напряжения в арматуре

Результаты показывают, что введение податливости опор существенно повышает предельную динамическую нагрузку, которую может выдержать конструкция.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кумняк О.Г., Галяутдинов З.Р., Галяутдинов Д.Р. Влияние распора на прочность железобетонных балок на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2023. № 1 (769). С. 5-16.
2. Alekseytsev A., Sazonova S. Numerical analysis of the buried fiber concrete slabs dynamics under blast loads. Magazine of Civil Engineering. 2023. № 1 (117). С. 11703.
3. Тонких Г.П., Кумняк О.Г., Галяутдинов З.Р., Галяутдинов Д.Р. Экспериментально-теоретические исследования железобетонных балок с учетом реакции распора на податливых опорах при кратковременном динамическом нагружении Технологии гражданской безопасности. 2023. Т. 20. № 2 (76). С. 40-47.
4. Алексейцев А.В., Курченко Н.С., Сазонова С.А. Динамика фиброжелезобетонной плиты на податливых опорах при переменной по площади импульсной нагрузке Строительство и реконструкция. 2022. № 5 (103). С. 23-33.
5. Tamrazyan, A., Alekseytsev, A., Sazonova, S. (2023). Dynamics of FRC Slabs on Elastic–Plastic Supports Under Blast Loading. In: Akimov, P., Vatin, N., Tusnin, A., Doroshenko, A. (eds) Proceedings of FORM 2022. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 282. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-10853-2_13

РАСЧЕТ БЕТОННОЙ ОПАЛУБКИ, ВЫПОЛНЕННОЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ

21 век – время безудержного технического прогресса и хронической нехватки времени. Естественно, что в погоне за временем люди стремятся к максимальной автоматизации и повышению производительности труда.

Строительная отрасль является одной из основных отраслей экономики. Она является крупным работодателем, развивает инфраструктуру городов, стимулирует рост производства. Одним из векторов развития строительства бесспорно можно назвать внедрение аддитивных технологий [1-3]. Процесс изготовления деталей, основанный на создании объекта по его электронной модели при помощи послойного добавления материала, позволит снизить материальные, энергетические и трудовые затраты на возведение зданий и сооружений, а также даст возможность более точно прогнозировать сроки строительства [4].

Конструкция печатается слоями, а значит, неизбежно возникновение анизотропии [5]. Расчет по СП63.13330 не учитывает данную особенность. В настоящее время в Российской Федерации не существует норм по расчету железобетонных конструкций с применением аддитивных технологий. Поэтому прочностные характеристики 3D-печатного бетона можно определить только по результатам испытаний, а для расчета конструкций, изготовленных с применением аддитивных технологий, можно использовать существующие нормативные документы по расчету бетонных, железобетонных конструкций и каменных конструкций с учетом особенности работы 3D-печатного бетона и с использованием его прочностных и деформативных характеристик.

Испытания для определения прочностных и деформационных характеристик проводятся для каждого конкретного типа принтера и конкретного состава смеси. Экспериментальное определение прочностных характеристик материала приводит к появлению трех видов прочности: на сжатие поперек слоев $R_{3D\ b-I}$, на растяжение между слоями $R_{3D\ bt-I}$ и на растяжение вдоль слоев $R_{3D\ bt-II}$.

Необходимо производить расчеты конструкции на стадии возведения и во время ее эксплуатации. Рассмотрим первый вариант для простенка двухэтажного жилого здания, изготовленного с помощью аддитивных технологий, в котором 3D-печатный бетон играет роль несъемной

опалубки. Рассмотрим стадию, когда монолитный бетон еще не приобрел заданной прочности. Конструкция несъемной опалубки рассчитывается на воздействие массы этого бетона.

При уплотнении слоев монолитного бетона внутренними вибраторами давление бетонной смеси определяется по формуле:

$$P_{max} = \gamma \cdot (0.27 \cdot V + 0.78) \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где: γ – объемная масса бетонной смеси; V – скорость бетонирования; K_1 – коэффициент, зависящий от подвижности бетонной смеси; K_2 – коэффициент, учитывающий влияние температуры бетонной смеси.

Высота, на которой достигается максимальное давление:

$$h_{max} = \frac{P_{max}}{\gamma}.$$

Давление смеси изменяется по треугольному закону, бетонирование монолитного сердечника осуществляем захватками высотой по $H = 1.0$ м. В случае, если $h_{max} < H$, давление в нижней точке элемента определяем как

$$p = \frac{P_{max} \cdot H}{h_{max}}$$

Для обеспечения пространственной жесткости опалубки через 100 мм между напечатанными слоями укладываются горизонтальные сетки из стержней $\varnothing 6$ А500С. Пренебрежем влиянием сил трения в запас прочности и вычислим растягивающие усилия в поперечных стержнях от давления бетонной смеси:

$$N_{max} = \frac{1}{n} \cdot (p \cdot a \cdot 0.1 \text{ м}) \leq R_s \cdot A_s$$

где: n – количество стержней; a – длина простенка; R_s – расчетное сопротивление арматуры растяжению; A_s – площадь поперечных сечений стержней.

Максимальный момент в горизонтальном направлении в слое толщиной d :

$$M_{x \text{ сл}} = M_r \cdot d$$

Момент сопротивления сечения слоя:

$$W_{\text{сл}} = \frac{c^2 \cdot d}{6},$$

где: c – ширина слоя.

Максимальное напряжение при изгибе вдоль печатных слоев:

$$\sigma_{x \text{ max}} = \frac{M_{x \text{ сл}}}{W_{\text{сл}}} \leq R_{3D \text{ bt-II}}$$

Средняя величина изгибающего момента в вертикальном направлении по ширине полосы между поперечными стержнями:

$$M_y = M_s \cdot l,$$

где: l – расстояние между поперечными стержнями по горизонтали.

Момент сопротивления сечения:

$$W = \frac{c^2 \cdot l}{6}$$

Максимальное напряжение в вертикальном направлении:

$$\sigma_{max} = \frac{M_y}{W} \leq R_{3D bt-I}$$

Поперечная сила в опалубке в направлении X и Y получена при помощи программного комплекса Stark ES.

Среднее значение поперечной силы в вертикальном направлении на участке между стержнями сетки: $Q_{max,y} = Q_s \cdot l$.

Условие прочности при сдвиге в поперечном направлении (предполагаем, что 3D-печатный слой работает аналогично каменной кладке):

$$Q_{max,y} \leq R_{3D bt-I} \cdot l \cdot z,$$

где: $z = \frac{2}{3} \cdot h$ – плечо внутренней пары сил для прямоугольного сечения.

Рассмотрим полосу 3D-печатной опалубки шириной 0,1 м (расстояние между стержнями сетки по вертикали): $Q_{max,x} = Q_r \cdot 0.1$

Условие прочности при сдвиге в продольном направлении:

$$Q_{max,x} \leq R_{3D bt-II} \cdot b \cdot z$$

Представленный метод расчета позволяет учесть особенности прочностных свойств бетона, изготовленного при помощи 3D-печати. Разработка подобных материалов способствует развитию строительной отрасли и внедрению в нее аддитивных технологий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Калугина Ю.Е., Золотарев А.Д.* Возведение зданий с помощью контурного строительства // *Современные инновации.* № 2(30), 2018.
2. *Иноземцев А.С., Королев Е.В., Зыонг Тхань Куй.* Анализ существующих технологических решений 3D-печати в строительстве// *Вестник МГСУ*, Т. 13, В. 7, 2018. DOI:1022227/1997-0935.2018.7.
3. *Ватин Н.И., Чумадова Л.И., Гончаров И.С.* и др. 3D - печать в строительстве// *Строительство уникальных зданий и сооружений*, 2017;, 1 (52), 27-46.
4. *Коротеев Д.Д., Макаров А.Н., Болотова А.С.* Аддитивные технологии в строительстве// Москва: Издательство МИСИ – МГСУ, 2023. – 67с. - ISBN 978-5-7264-3272-4.
5. *Кабанцев О.В., Карлин А.В.* Особенности структуры бетона элемента конструкции, выполненной по аддитивной технологии. Железобетонные конструкции. 2023;1(1):55-63.

АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕННЫХ РАНЕЕ ИССЛЕДОВАНИЙ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТЕН ИСТОРИЧЕСКИХ КАМЕННЫХ ЗДАНИЙ, УСИЛЕННЫХ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Наиболее распространенными методами усиления каменной кладки являются применение стальных обоев и хомутов, устройство сердечника, инъектирование специальных растворов, частичная или полная замена элементов кладки. Но, несмотря на эффективность данных методов, требования сохранения внешнего облика здания или конструкции не выполняются, что является определяющим фактором.

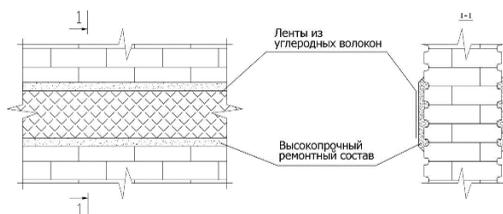


Рис. 1. Усиление кирпичных стен лентами из углеродных волокон.

Применение композитных материалов дает возможность эффективно решать задачи усиления конструкций без увеличения сечения элемента, что позволяет сохранить первоначальный исторический облик здания.

В исследовании [1] были рассмотрены схемы усиления композитами, состоящими из углеродных, арамидных и стекловолокон в виде ламелей, матов и сеток, которые соединяются с усиливаемой конструкцией с помощью составов на основе эпоксидной смолы (FRP). Тем не менее эта система обладает рядом недостатков, таких как низкая огнестойкость клеевого соединения, особый температурно-влажностный режим при проведении работ по усилению, и, более того, вредная для здоровья технология приклеивания на эпоксидном клее.

Система, основанная на использовании сеток из углеволокна (FRCM), обладающая высокой огнестойкостью и коррозионной стойкостью, позволяет избежать отмеченных недостатков за счет применения вместо клея специальных штукатурных растворов из неорганических минеральных материалов с модифицированными полимерными добавками.

В экспериментальных исследованиях [2] по результатам расчета усиления композитными лентами и сетками на основе углеволокна, стекловолокна, арамидволокна, базальтового волокна была выявлена зависимость эффективности усиления от вида армирующего компонента и значения его предела прочности на разрыв. Среди лент наибольшая эффективность усиления отмечается у углеволокна. Среди сеток – у базальтовых материалов.

Из практики применения каменных конструкций, а именно стен зданий, известно, что наибольшее значение имеют напряжения, действующие в плоскости стен. Напряжения, выходящие из плоскости либо равны нулю, либо пренебрежимо малы [3].

Исходя из результатов численных исследований [4], посвященных пластическому деформированию и разрушению каменной кладки в условиях двухосного напряженного состояния, можно сделать вывод, что пластическое деформирование кладки происходит при физически линейной работе основных материалов, а именно, кирпича и раствора.

Анализ численного эксперимента показывает, что в процессе постепенного нагружения в расчетной модели возникает несколько стадий напряженно-деформированного состояния: упругая деформация под воздействием нагрузки, образование микроразрушений, переход микроразрушений в макроразрушения, полное разрушение модели.

По результатам обширных испытаний [5] в ЦНИИСК им. Кучеренко на сжатие и изгиб кирпичных столбов, усиленных углеволокном, можно заключить, что использование сеток на основе углеволокна увеличивает прочность кладки на сжатие примерно в 2,4 раза, в зависимости от схемы армирования. Образцы, полностью усиленные сетками, оказались наиболее эффективными – прочность на сжатие увеличилась примерно в 2,6 раза. Но, несмотря на это, данный метод имеет недостатки, такие как исключение паропроницаемости кирпичной кладки и ограниченный контроль над образованием трещин.

Согласно результатам статических испытаний [6] шести серий образцов каменной кладки, усиленных композитными материалами на основе углеродного волокна, авторами было установлено увеличение несущей способности примерно в 2 и более раз при двухстороннем усилении каменной кладки, нежели при одностороннем.

В ходе экспериментальных [7] исследований было проанализировано воздействие многоциклового нагружения на каменную кладку, усиленную композитными материалами. По результатам испытаний восьми серий опытных образцов, можно сделать вывод, что воздействие многоциклового нагружения в объеме 1000 циклов незначительно и практически не влияет на напряженно-деформированное состояние усиленной каменной кладки.

Таким образом, перспективы дальнейшего исследования заключаются в более подробном изучении влияния на прочность и деформативность стен исторических каменных зданий различных способов усиления, за счет разработки конечно-элементной модели с максимально приближенными параметрами модели [8,9], учитывающими нелинейную работу материалов, а также выполнения численного эксперимента с использованием этой модели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Белов В.В., Деркач В.Н.* Экспертиза и технология усиления каменных конструкций // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 7. – С. 14–20.
2. *Чаплыгина А.А.* Анализ способов усиления кирпичных ограждающих конструкций зданий исторической застройки / Сборник научных трудов / редкол.: Бакаева Н.В. (отв. ред.); Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2018. С.150.
3. *Гениев Г.А.* О критерии прочности каменной кладки при плоском напряженном состоянии // Строительная механика и расчет сооружений. 1979. № 2. С. 7—11.
4. *Кабанцев О.В.* Пластическое деформирование и разрушение каменной кладки в условиях двухосного напряженного состояния//Вестник МГСУ -Научно-технический журнал по строительству и архитектуре. 2016. №2. С. 34-45.
5. Кучеренко В. А. Научно-технический отчет по теме: Экспериментальные исследования прочности и деформативности кирпичных стен и стен из ячеистого бетона, усиленного материалами фирмы BASF, М.: ЦНИИСК им. Кучеренко 2010. 183 с.
6. *Тонких Г.П., Осипов П.В., Темиралулы Г., Федоров С.К.* Экспериментальные исследования каменной кладки, усиленной композитными материалами на основе углеродного волокна//Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 2. С. 98-111.
7. *Шокбаров, Е. М.* Экспериментальные исследования каменной кладки, усиленной композиционными материалами на действие многоцикловой нагрузки / Е. М. Шокбаров, Г. Темиралулы // Вестник Международной ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству. – 2018. – № 6(6). – С. 33-35.
8. *Тамразян А.Г.* Особенности работы высотных зданий. Жилищное строительство. 2004. № 3. С. 19-20.
9. *Тамразян А.Г.* Огнеударостойкость несущих железобетонных конструкций высотных зданий. Жилищное строительство. 2005. № 1. С. 7.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО МОМЕНТА ПРИ ИЗГИБЕ БАЛКИ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ С ОДИНОЧНОЙ АРМАТУРОЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С УЧИТЕЛЕМ

Используемые при расчетах математические модели должны давать возможность наиболее точно и адекватно спрогнозировать реакцию исследуемого элемента строительной конструкции на внешние воздействия и тем самым обойтись без разрушающих, а порой и дорогостоящих экспериментальных исследований, с целью определения возможности дальнейшей безопасной эксплуатации этого элемента [1-3].

На помощь при проведении сложных вычислений и получении единого конечного результата может прийти такой инструмент как искусственный интеллект, в частности один из его алгоритмов – машинное обучение с учителем [4].

Основной идеей машинного обучения считается существование математической связи между предоставленными комбинациями входных и выходных данных. При достаточном количестве таких данных модель машинного обучения довольно точно прогнозирует математическую взаимосвязь [4, 5].

Рассмотрим пример предсказания (прогнозирования) несущей способности железобетонной балки прямоугольного сечения при воздействии изгибающего момента без предварительного напряжения.

В качестве математической взаимосвязи воспользуемся уравнением линейной регрессии:

$$M_{ult}; = \langle \bar{w}_i \bar{X}_i \rangle, \quad i = [0; n] \quad (1)$$

где: M_{ult} – значение переменной, полученное в результате прогнозирования – значение предельного изгибающего момента; \bar{w}_i – вектор весовых коэффициентов; \bar{X}_i – вектор расчетных параметров, оказывающих существенное влияние на величину M_{ult} ; n – количество параметров модели.

Критерием качества модели является минимум суммы квадратов отклонений значений Y , полученных на основе аналитической формулы, от прогнозируемых. Чем меньше значение критерия, тем точнее (реальнее) модель описывает происходящий процесс.

Для определения минимума суммы квадратов отклонений полученных и прогнозируемых значений нужно найти вектор весовых коэффициентов \bar{w}_i из зависимости:

$$\bar{w} = ([X]^T [X])^{-1} X^T \bar{M}_{ult}^{am}, \quad (2)$$

где $[X]$ – матрица расчетных параметров, которая формируется в зависимости от размеров обучающей выборки; \bar{M}_{ult}^{am} – вектор значений M_{ult}^{am} .

В основе определения максимального момента, который может принять на себя изгибаемый железобетонный элемент, лежат статические уравнения равновесия равных сил, воспринимаемых бетоном и арматурой.

При прямоугольном сечении с одиночной арматурой расчет по прочности производится в зависимости от соотношения:

$$\xi \leq \xi_R, \quad \xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b,2}}}, \quad (3)$$

где ξ и ξ_R – относительная и относительная граничная высота сжатой зоны бетона соответственно; $\varepsilon_{s,el}$ – относительная деформации арматуры растянутой зоны, соответствующая R_s ; $\varepsilon_{b,2}$ – относительная деформация сжатого бетона, соответствующая R_b .

Если в качестве параметра задана площадь арматуры в зоне растяжения, то фактическую относительную высоту сжатой зоны бетона можно определить по формуле:

$$\xi = \frac{R_s A_s}{\gamma_{b1} R_b b h_0}, \quad (4)$$

Тогда максимальный момент, воспринимаемый сечением балки, определяется по формуле:

$$M_{ult}^{am} = R_b b x (h_0 - 0,5x), \quad x = \xi \cdot h_0, \quad (5)$$

где M_{ult}^{am} – значение предельного изгибающего момента, определенное на основе использования аналитической модели.

Для формирования выборки использован метод, при котором обучение проводится на равномерной сетке значений параметров с применением жадного алгоритма. На основе данных СП 63.13330 сформирована структура обучающей выборки. Также, для этих расчетных параметров рассчитаны значения M_{ult}^{am} (кН·м). Согласно (2), получены значения векторов весовых коэффициентов. Получено уравнение линейной регрессии, способное прогнозировать значение M_{ult} :

$$M_{ult} = w_1 R_s + w_2 A_s + w_3 R_b + w_4 h + w_5 b + w_6 l + w_7 \quad (6)$$

Результаты прогнозирования несущей способности по изгибающему моменту при изменении только площади арматуры приведены на рис. 1.

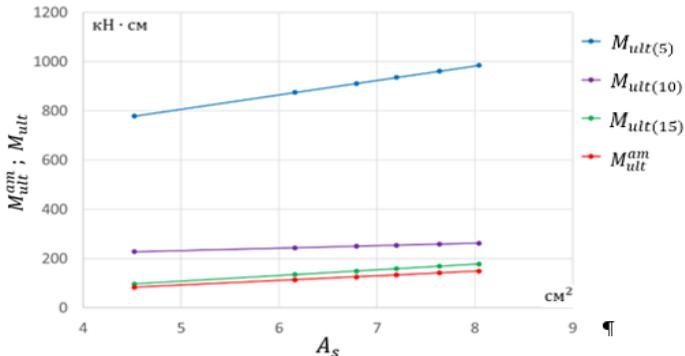


Рис. 1. Зависимость предельного момента от площади рабочей арматуры

Из рисунка 1 видно, что при расширении обучающей выборки при изменении площади рабочей арматуры точность прогноза предельного момента на основе модели линейной регрессии увеличивается. При достаточно большом размере выборки прогноз будет довольно точным. Однако следует отметить, что если меняются несколько параметров, то точность предсказаний ухудшается. Меры повышения эффективности модели будут рассмотрены в следующих работах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Almustafa, M.K.; Nehdi, M.L.* Machine Learning Model for Predicting Structural Response of RC Columns Subjected to Blast Loading. *Int J Impact Eng* 2022, 162, doi:10.1016/j.ijimpeng.2021.104145.
2. *Lin, K.; Li, D.; Xie, L.; He, M.; Sun, Y.* Analytical Model for Progressive Collapse of RC Frame Beam-Column Substructures Using Multi-Gene Genetic Programming. *International Journal of Structural Stability and Dynamics* 2023, 23, doi:10.1142/S021945542350150X.
3. *Курченко Н.С., Алексейцев А.В.* Эволюционная модель поиска рационального распределения ресурсов при ограничении продолжительности строительства. *Наука и бизнес: пути развития.* 2017. № 4 (70). С. 19-23
4. *Курченко Н.С., Алексейцев А.В.* Идентификация силовых воздействий на несущую систему с использованием нейросетевых технологий // *Инженерный вестник Дона.* 2023. № 9 (105). С. 258-267.
5. *Alekseytsev A.V., Al Ali Mohamad* Optimization of bearing structures subject to mechanical safety: an evolutionary approach and software // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering.* 2022. Т. 18. № 2. С. 131-142.

Студентка 3 курса 6 группы ИПГС Садовник С.А.

*Научный руководитель – проф., канд. техн. наук, проф.
В.А. Люблинский*

РАСЧЕТ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

При оценке напряженно-деформированного состояния внецентренно сжатых железобетонных конструкций по предельным состояниям СП 63.13330.2018 предусматривает три случая расчета. Случай больших эксцентриситетов рассматривается, когда относительная высота сжатой зоны бетона меньше или равна граничной относительной высоте сжатой зоны бетона. Случай малых эксцентриситетов реализуется при относительной высоте сжатой зоны бетона, которая больше граничной. И третий случай – это расчет центрально сжатых конструкций со случайным эксцентриситетом. Самым сложным вариантом напряженного состояния внецентренно сжатых конструкций является случай с малым эксцентриситетом. Даже при симметричном армировании поперечного сечения сжатого элемента не ясна эпюра сжатой зоны бетона. В этом элементе может быть сжато все сечение, может быть место растяжение бетона. Нижняя арматура (наименее сжатая) может испытывать как растяжение, так и сжатие.

Более точное решение возможно при послойном рассмотрении поперечных сечений внецентренно сжатых элементов по нелинейной деформационной модели [1,2]. Эта модель предусматривает нелинейную зависимость между напряжениями и относительными деформациями в виде экспериментальных диаграмм деформирования бетона и арматуры. Определение относительных деформаций бетона и арматуры осуществлялось в соответствии с гипотезой плоских сечений. Соппротивление бетона растянутой зоны в представленной работе не учитывалось.

По диаграммам деформирования СП 63.13330.2018 предлагает упрощенные кусочно-линейные диаграммы бетона и более сложную криволинейную с нисходящей частью. Общепринятая зависимость бетона при кратковременном действии нагрузки не определена [3], но практически любые предлагаемые математические зависимости удовлетворительно описывают восходящий участок диаграммы бетона σ - ε . Воспользуемся в дальнейшем для бетона диаграммой типа:

$$\sigma = R_b \cdot \left(1 - \exp \left(- \frac{E_b \cdot \varepsilon_b}{R_b} \right) \right).$$

Для арматуры с физическим пределом текучести примем упрощенную двухлинейную диаграмму типа Прандтля. Диаграммы состояния арматуры примем одинаковыми при любом знаке напряжений.

Поперечное сечение 40 см на 50 см внецентренно сжатого элемента ($N=2000$ кН) представим в виде совокупности 10 бетонных слоев В25 и двух арматурных слоев А400 [1-3]. Воспользуемся итерационным алгоритмом и составим программу на языке rython. После окончания итерационного процесса произведена проверка принятой точности вычислений (3%). На рис. 1 приведена принятая диаграмма и конечные значения напряжений и деформаций сжатых слоев (со второго по десятый) бетона. Точность процесса удовлетворительная, итерационный процесс закончен.

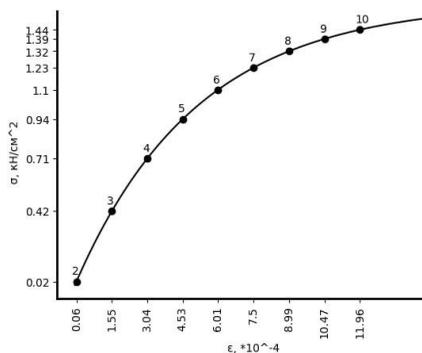


Рис. 1. Результаты окончания итерационного процесса

По окончании итерационного процесса получено напряженно-деформированное состояние по высоте сечения сжатого элемента. Изменение относительных деформаций в соответствии с принятой кривой деформирования бетона по слоям приведено на рис. 2.

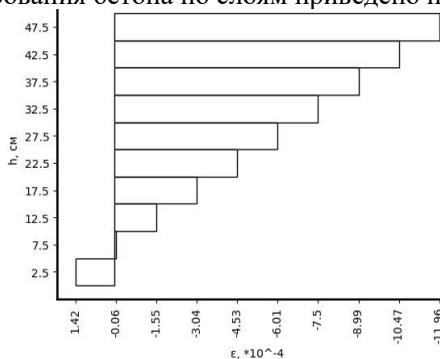


Рис. 2. Изменение относительных деформаций по высоте сечения

Относительные деформации при действии сжимающей нагрузки не превысили предельного значения и составили в наиболее сжатом слое

0,00013235 (рис. 2). Внешняя сила N в данном численном исследовании прикладывалась с эксцентриситетом 36 см. Напряжения в наиболее сжатом слое не превысили предельных значений, распределение показано на рис. 3.

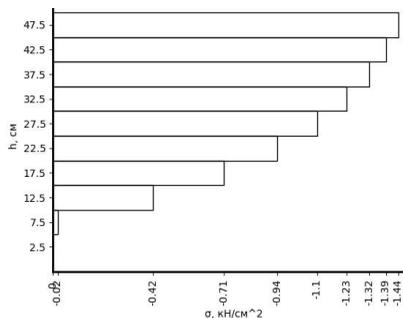


Рис. 3. Изменение нормальных напряжений по высоте сечения

Увеличение количества слоев по высоте поперечного сечения принципиально не повлияло на конечный результат и количества итераций. Следует обратить внимание на то, что при применении данного метода точно определена сжатая зона бетона.

Расчет железобетонных элементов с помощью диаграммного метода, позволяет получить численные значения характеристик бетона на любых стадиях эксплуатации [4, 5] и не привязан к необходимости определения высоты сжатой зоны бетона и оценки напряженного состояния наименее сжатой арматуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дудина И.В., Тамразян А.Г. Обеспечение качества сборных железобетонных конструкций на стадии изготовления. Жилищное строительство. 2001. № 3. С. 8-10.
2. Радайкин О.В. Теоретические основы диаграммного метода расчета стержневых элементов из армированного бетона// Строительство и реконструкция. – 2020, № 6, - с. 26-42.
3. Карпенко Н. И., Соколов Б. С., Радайкин О. В. Анализ и совершенствование криволинейных диаграмм деформирования бетона для расчета железобетонных конструкций по деформационной модели // Промышленное и гражданское строительство. – 2013, № 1, – с. 28-30.
4. Тамразян А.Г., Филимонова Е.А. Метод поиска резерва несущей способности железобетонных плит перекрытий. Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 3. С. 23-25.
5. Тамразян А.Г., Филимонова Е.А. О влиянии снижения жесткости железобетонных плит перекрытий на несущую способность при длительном действии нагрузки. Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 7. С. 30-32.

*Студент магистратуры 1 года обучения 1 гр. ИПГС Сидорова Е.А.
Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, доц .
Ю.А. Шапошникова*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УСИЛЕНИЯ МНОГОПУСТОТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ МЕТОДОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ

При возведении зданий различного назначения, в том числе зданий жилой застройки, начиная с 50-х г.г. на территории России в качестве перекрытий широкое распространение получили пустотные плиты. Их применение обусловлено малым весом, который способствует увеличению пролетов перекрытий. В этом заключается их основное преимущество по сравнению с другими.

Ввиду постепенного обветшания и необходимости капитального ремонта или реконструкции жилых зданий, построенных более 50 лет назад, в настоящее время очень востребовано усиление пустотных железобетонных плит перекрытий. Усиление пустотных плит может быть необходимо исходя из различных причин, таких как: увеличение нагрузок на несущие элементы в результате замены, усиления вышерасположенных конструкций; потеря прочности, связанная с коррозией арматурных стержней; механическая деформация (сколы, выбоины, изношенность бетонного слоя плиты перекрытия) и нарушение прочностных характеристик.

Темой усиления железобетонных плит занимались как зарубежные, так и российские ученые. К примеру, Семенюк С. Д., Шаховская Г. С. изучали прочность нормальных сечений многопустотных железобетонных плит, усиленных созданием неразрезности, по сжатой зоне сечения и по растянутой арматуре [1].

Сербиновский А. В., Пиневиц С. С., Сербиновский П. А., Песоцкий Е. А. изучали достоинства и недостатки различных вариантов усиления многопустотных железобетонных плит, исходя из технической целесообразности и экономичности [2].

Сербиновский П. А., Сербиновский А. В., Маилян Д. Р. изучали вопросы усиления многопустотных железобетонных плит, предлагали конструкции и технологии изготовления различных вариантов их усиления [3].

Курочка К. С. рассматривал методы численного решения задачи о нахождении деформаций фрагмента перекрытия, состоящего из армированных многопустотных плит под действием вертикальной равномерно-распределённой нагрузки [4]. Зулпуев А. М., Бактыгулов К. рассматривали прочность сборных железобетонных плит перекрытий, опёртых по контуру, в частности: несущую способность по методу

предельного равновесия; установление механизма разрушения от воздействия внешних нагрузок [5].

Габрусенко В. В. занимался вопросами усиления многопустотных плит перекрытия, ослабленных технологическими отверстиями [6].

В настоящее время существует два основных варианта усиления, применяемого в конструкциях пустотных плит перекрытий, путем устройства дополнительных арматурных стержней: внутреннее и внешнее усиление. Внутреннее усиление осуществляется путем установки дополнительных арматурных стержней в пазах на полимеррастворе в ребрах плит. Внешнее усиление достигается путем армирования композиционными материалами на основе углеродных, арамидных и стеклянных волокон.

Вариант внутреннего усиления не получил должного распространения. Поскольку преимущества и недостатки данного метода находятся в сравнительном количественном сходстве.

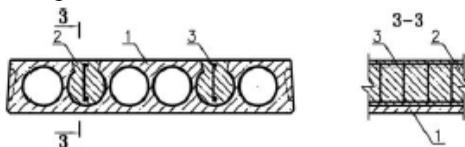


Рис. 1. Усиление внутренним армированием

Преимущества данного вида усиления: конструктивные размеры плиты перекрытия не увеличиваются, поскольку армируются внутренние пустоты; установка дополнительных арматурных стержней возможна только в расчетных сечениях; сравнительно малая металлоемкость.

Недостатками данного вида усиления являются: большая стоимость полимерраствора, которым заполняют пустоты плит, и дополнительных стержней арматуры, устанавливаемых внутрь отверстий; большие трудозатраты при резке и штроблении пазов; недопустимость применения данного вида усиления в плитах с большими пролетами, поскольку в местах установки дополнительного армирования уже находятся рабочие арматурные стержни; существует риск недостаточной анкеровки арматурного стержня.

Внешнее армирование композиционными материалами на основе углеродных, арамидных и стеклянных волокон (фиброармированными пластиками, далее ФАП) является довольно многообещающим методом.

Преимущества данного вида усиления: малая трудоемкость; высокие прочностные характеристики ФАП на разрыв; конструктивные размеры плиты не увеличиваются, за исключением случаев, где нарушена целостность конструкции (имеются сколы, выбоины).

Недостатки данного метода усиления: большая расценка на композиционные материалы, трудности с анкерровкой ФАП в случаях применения бетона класса ниже В15, которую чаще всего используют при изготовлении пустотных плит перекрытий; нехватка результатов исследования ФАП на ползучесть и релаксацию.

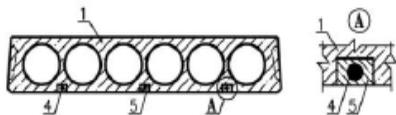


Рис. 2. Усиление путем внешнего армирования

Одними из основных требований, предъявляемых к усиленным строительным конструкциям являются: прочность, надежность, долговечность, экономическая целесообразность, пожарная безопасность, эффективное использование трудовых и материальных ресурсов, минимизация продолжительности работ. Усиление плит перекрытий влияет не только на их прочность, но и на показатели надежности, безопасности и долговечности, которые зависят от применения конкретного вида усиления пустотных плит.

В заключении хочется отметить, что усиление многопустотных плит перекрытий на данный момент очень актуальный и важный вопрос в строительной сфере, так как одной из важнейших задач строительства, реконструкции, капитального ремонта является обеспечение прочности конструкций и безопасности зданий в целом. А усиление строительных конструкций является неотъемлемой частью безопасной эксплуатации отдельных конструктивных элементов в зданиях различного назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенюк С.Д., Шаховская Г.С. Прочность нормальных сечений многопустотных железобетонных плит, усиленных созданием неразрезности. 2009.
2. А.В. Сербиновский, С.С. Пиневич, Е.А. Сербиновский, Е.А. Песоцкий Достоинства и недостатки различных вариантов усиления многопустотных железобетонных плит. 2015.
3. Сербиновский А.В., Маилян Д.Р. Новые конструкции усиления многопустотных железобетонных плит. 2015.
4. Курочка К.С. Метод численного решения краевых задач нелинейной теории упругости. 2005.
5. Зулпуев А.М., Бактыгулов К. Расчёт на прочность сборных железобетонных плит перекрытий, опёртых по контуру. 2016.
6. А. С. Васильев, В. П. Назарова Численные исследования пустотных железобетонных плит при усилении наращиванием дополнительного сечения. 2019.

ДЛИТЕЛЬНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ СЖАТОГО БЕТОНА ПРИ МАЛОЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ

Усилия, возникающие в шарнирно-опертой балке с неподвижными опорами, при циклическом замораживании и оттаивании (ЦЗО) носят малоцикловой характер. При этом напряжения в сжатой зоне бетона при понижении температуры увеличиваются, при повышении температуры уменьшаются и также носят циклический характер [1-5]. Длительные деформации сжатого бетона при малоцикловом силовом нагружении в условиях ЦЗО остаются мало исследованными[5].

В данной работе приводятся опытные данные результатов исследований длительных деформаций бетона при малоцикловом силовом нагружении в нормальных условиях и при ЦЗО.

В качестве опытных образцов были приняты бетонные призмы с размерами сечения 10х10 см и высотой 40 см. Состав бетона по весу на 1 м³ был следующим: Ц=267 кг; В=187 л; П=587 кг; Щ=1335 кг.

Перед испытанием на малоцикловое нагружение были получены опытным путем диаграммы бетона в нормальных условиях и при минус 500С (см. рис.1).

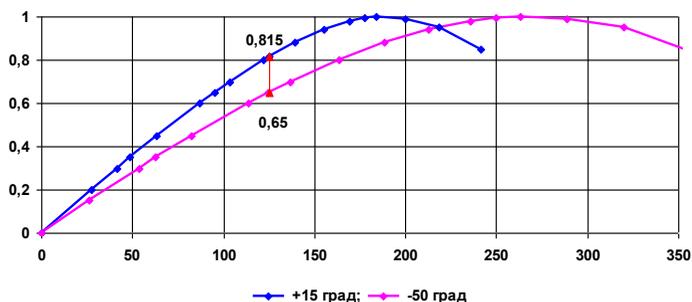


Рис.1. Диаграммы бетона при кратковременном сжатии

Методика испытаний. Призмы нагружались кратковременной сжимающей нагрузкой до уровня 0,35 , что соответствовало напряжениям в бетона сжатой зоне при железобетонных балок [1,2]. Здесь - призмная прочность бетона в нормальных условиях.

Первая серия образцов из трёх штук находилась в нормальных условиях (Пр1н-1,2,3), вторая (Пр2цз-1,2,3) – подвергалась циклическому замораживанию и оттаиванию.

Для испытания бетона при малоцикловом нагружении в условиях ЦЗО использовались малогабаритные установки, принципиальная схема которых представлена на рис.2.

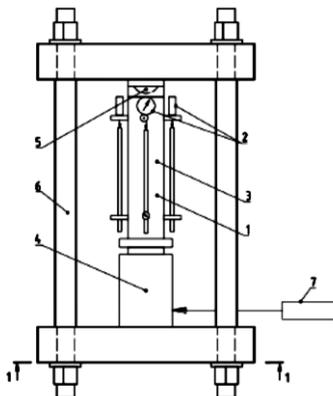


Рис.2. Силовая установка для испытания бетонных призм: 1 – призма; 2 – индикатор; 3 – удлинитель; 4 – домкрат; 5- полушаровой шарнир; 6 – м/к силовой установки; 7 – гидросистема

Понижение температуры в термокамере осуществлялось через 10°C до минус 50°C . На каждой ступени понижения температуры производилось догружение образцов по деформациям и выдержка в течение часа. Суммарный уровень напряжений при $t = -50^{\circ}\text{C}$ составлял $0,65 R_{bT}$ (R_{bT} - призмная прочность бетона при 50°C). Далее осуществлялся нагрев через 10°C до $+10^{\circ}\text{C}$. При $+10^{\circ}\text{C}$ уровень напряжений снижался до первоначального уровня ($0,35 R_b$). На каждой ступени производилась разгрузка и выдержка образцов в течение часа. При этом осуществлялось измерение деформаций. Схема нагружения представлена на рис.3.

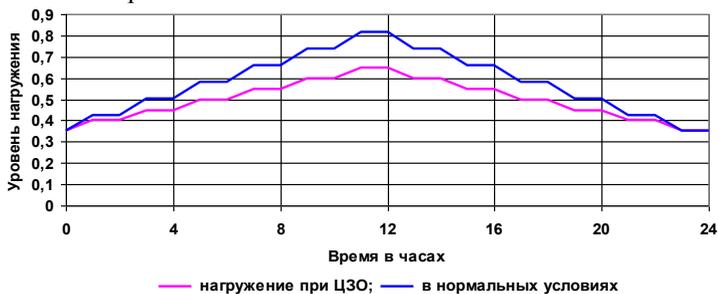


Рис.3. Схема нагружения призм на одном цикле ЗО

В нормальных условиях через каждый час производилось догружение призм по деформациям, соответствующим при ЦЗО. Максимальный верхний уровень нагружения равен $0,815 R_b$ (см. рис.4).

Полученные результаты в конце 35 цикла представлены на рис.4.



Рис.4. Относительное изменение длительных деформаций в нормальных условиях к длительным деформациям при ЦЗО

Выводы

1. Длительные деформации бетона после 35 циклов в нормальных условиях больше длительных деформаций при ЦЗО на 77%.
2. Изменение длительных деформаций при малоцикловом нагружении сжатого бетона в нормальных условиях имеет незатухающий характер.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Andrey Istomin, Mikhail Medyankin*. The influence of pliability of supports on statistically undefined reinforced concrete elements at under low temperatures under -50°C . // FORM 2018. №6 (702). Volume 365 – 2018.
2. *Истомин А.Д., Петрова В.А.* Напряженно-деформированное состояние статически неопределимых балок в условиях отрицательных температур // Строительство и реконструкция. № 1 (81), 2019. С. 3-9.
3. *Истомин А.Д., Петрова В.А.* Влияние отрицательных температур на прочность и деформативность железобетонного элемента // Железобетонные конструкции. №4(4).–2023. С.3-12.
4. *Истомин А.Д., Кудрявцев М.В.* Влияние податливости опор на температурные усилия в статически неопределимой железобетонной балке // Известия вузов. Строительство. Новосибирск. № 2–2021. С. 52-60.
5. *Истомин А.Д.* Деформации ползучести бетона при сжатии в условиях малоциклового силового и температурного нагружения // Вестник МГСУ, № 2, Т. 1. – 2011. С. 159-162.

*Студент бакалавриата 4 года обучения 9 группы ИПГС Федотова М.Д.
Студент бакалавриата 4 года обучения 9 группы ИПГС Рыжкина Е.В.
Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, доц. С.О. Курнавина*

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.

Технология 3D-печати определена как технология аддитивного производства (АП). Этот процесс построен на создании физического объекта на основе данных 3D-модели путем добавления материала, как правило, слой за слоем.

Применение аддитивных технологий позволяет сократить количество строительных отходов до 60%, время изготовления – на 70%, а трудозатраты – на 80% по сравнению с традиционными методами монолитного строительства.[1]

В автоматизированном проектировании (САПР) процесс создания модели включает в себя три основных этапа:

- 1) проектирование изделия в САПР;
- 2) преобразование САПР-модели с помощью соответствующего программного обеспечения с делением на слои (слайсинг);
- 3) создание G-кода, описывающего траекторию печати этих слоев.

Использование АП позволило реализовать множество уникальных проектов. Один из них – проект компании Aris Cor в Дубае, завершённый в 2019 году. Это здание, которое занимает площадь 650 квадратных метров и имеет высоту 9,5 метра.



Рис. 1 Муниципальное здание в Дубае

Благодаря инновационному подходу, проект был реализован прямо на строительной площадке, что принесло ему заслуженное признание в Книге рекордов Гиннеса, как самое большое 3D-напечатанное здание. Рис. 1. Ранее, в 2017 году, в подмосковном Ступино компания Aris Cor возвела первый в России экспериментальный дом площадью 38 м² с применением АП.

Одной из проблем, с которой сталкиваются в настоящее время исследователи в области АП, является необходимость улучшения

механических свойств материалов и разработка способов армирования конструкций. Обсуждаются несколько возможных вариантов армирования, включая добавление высокоэффективных волокон в бетон или прокладывание стальных тросов, стальной сетки и арматуры между слоями. Наиболее распространенным способом является использование обычного монолитного бетона, для которого напечатанные конструкции являются несъемной опалубкой

Китайской строительной компанией Huashang Tengda Co., Ltd. был предложен метод предварительной установки арматуры. Суть метода заключается в установке сборной арматурной сетки на строительной площадке, после чего бетон слой за слоем наносится по обе стороны от нее с помощью двух форсунок. Небольшой зазор между соплами и арматурной сеткой позволил значительно улучшить сцепление между арматурой и напечатанным бетоном.

Так же распространенным методом является соединение бетонных элементов с помощью предварительно напряженной арматуры, которая обычно используется в большепролётных конструкциях. Типичным примером такой конструкции является велосипедный мост 3DPC и велосипедно-пешеходный мост длиной 29 м, построенные в Технологическом университете Эйндховена. Для проверки их несущей способности были проведены испытания на изгиб 1 модели велосипедного моста 3DPC в масштабе 1:2 и модели пешеходного моста с одним пролетом 5875 мм в масштабе 1:1. Обе конструкции не разрушились, и в них не наблюдалось значительных повреждений, видимых трещин и чрезмерных деформаций.

Наиболее широко аддитивные технологии применяются для изготовления вертикальных конструкций: стен и колонн. Включение стальной арматуры в процесс АП имело решающее значение для обеспечения необходимой прочности колонн и стен, что повысило их устойчивость при экстремальных нагрузках (рис. 2).

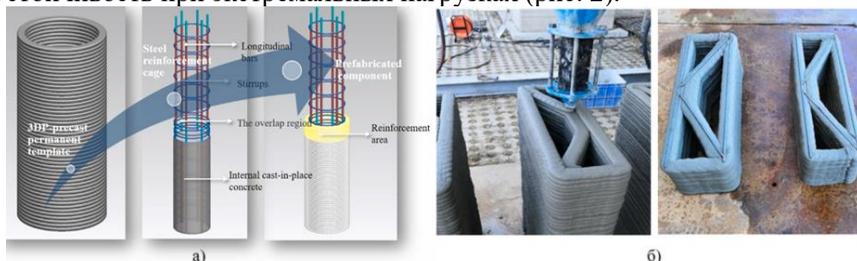


Рис. 2 Примеры конструкций, изготовленных методом 3D-печати: а – колонна; б- фрагмент стены

Компания ApisCor представила разнообразные конструкционные решения (рис.3), которые применимы в большинстве проектов и

демонстрируют монофункциональность каждого из напечатанных рядов стен.



Рис. 3 Типы конструктивных решений стен, предложенных ArisCor

Таким образом, аддитивное производство - перспективная технология, которая может найти широкое применение в исследованиях [2-5] в строительстве в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. El Sakka, F.; Hamzeh, F. 3D Concrete Printing in the Service of Lean Construction. In Proceedings of the 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Heraklion, Greece, 9–12 July 2017. URL:<https://apo.org.au/node/304784>
2. Дудина И.В., Тамразян А.Г. Обеспечение качества сборных железобетонных конструкций на стадии изготовления. Жилищное строительство. 2001. № 3. С. 8-10.
3. Тамразян А.Г., Филимонова Е.А. Метод поиска резерва несущей способности железобетонных плит перекрытий. Промышленное и гражданское строительство. 2011. № 3. С. 23-25.
4. Тамразян А.Г., Филимонова Е.А. О влиянии снижения жесткости железобетонных плит перекрытий на несущую способность при длительном действии нагрузки. Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 7. С. 30-32.
5. Тамразян А.Г., Мацевич Т.А. Надежностная оптимизация конструкций с учетом неопределенностей при проектировании. В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования - 2022. Сборник докладов Третьей Национальной научной конференции. Москва, 2023. С. 50-54.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТИПОВЫХ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

В последние годы активно совершенствуется нормативная база проектирования зданий различных конструктивных систем (КС) [1]. Выпущены своды правил по проектированию монолитных и крупнопанельных КС а также конструктивных систем многоэтажных и одноэтажных каркасных зданий в сборном железобетоне.

При проектировании зданий, в частности одноэтажных каркасных зданий в сборном железобетоне [2-5], сначала выполняется статический расчет конструктивной системы здания, затем с учетом полученного из статического расчета усилий в несущих конструкциях, а также при заданных размерах поперечного сечения и классах материала определяется армирование несущих элементов здания. По проценту армирования можно судить об эффективности полученного армирования.

На рис. 1 через позиции 1...6 показан набор сборных железобетонных наземных конструкций для каркасного одноэтажного производственного здания (ОПЗ). Типовые сборные железобетонные конструкции разработаны в рамках отдельных серий раздела СК-3 Российского строительного каталога.

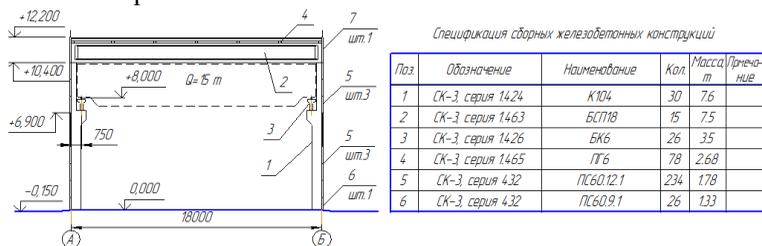


Рис. 1. Сборные конструкции одноэтажного каркасного здания производственного назначения: 1 – колонна сплошная для зданий с мостовыми кранами (К104), 2 – балка стропильная с параллельными поясами (БСП18), 3 – подкрановая балка (БК6), ребристые плиты покрытия (ПГ6), 5, 6 – панели стеновые (ПС60.12.1, ПС60.9.1)

Распространенным вариантом конструктивного решения фундаментов под колонны одноэтажных производственных зданий в сборном железобетоне являлись сборные, а чаще монолитные отдельные столбчатые фундаменты. На рис. 2а приведен узел с колонной (1), передающей нагрузку на столбчатый фундамент. (2), на который также

через фундаментную балку (4) опирается стеновое ограждение, силовой пол (3) устаетается по грунту.

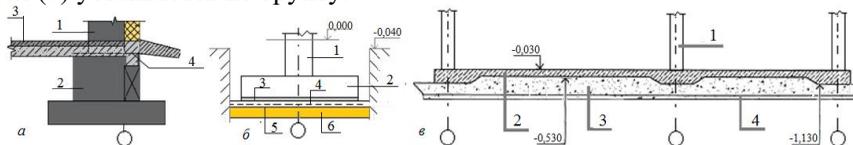


Рис. 2. Конструктивные решения фундаментов для одноэтажного каркасного здания: *а* – отдельный столбчатый фундамент (сборный или монолитный), *б* – сборный элемент колонна-фундамент, в – монолитный плитный фундамент с уширениями в местах расположения колонн

В качестве нового конструктивного решения несущих элементов сборного одноэтажного каркасного здания можно рассмотреть конструктивное решение, при котором в один сборный элемент объединены колонна (1) и плитный элемент столбчатого фундамента (2) (рис. 2б), что позволяет сразу после засыпки объединенного сборного элемента приступить к монтажу наземных сборных конструкций здания. Определенная сложность возникает при установке колонны в проектное положение, поэтому требуется определенным образом подготовить основание под сборный элемент колонна-фундамент. На рис. 2б показано, что под подошву сборного элемента по слою утрамбованного щебня (6) располагаются: полиэтиленовая пленка (5), подготовка из бетона класс В20, армированная сеткой (4), выравнивающая подливка из бетона класса В20 (3).

Новацией последних лет является применение монолитной фундаментной плиты под всем планом здания с утолщением плиты в местах расположения колонн. При этом следует отметить, что нагрузка, передаваемая колоннами одноэтажного здания на фундаменты, не столь значительна для устройства плитной конструкции. Расположение верхней грани плиты практически на поверхности земли не позволяет реализовать требование проектирования фундаментов с учетом глубины промерзания грунта. На рис. 2в показано, что для нейтрализации последствий от заложения фундаментной плиты (2) выше глубины промерзания грунта устраивается песчаная подушка (3) по утрамбованному щебню (4).

На рис. 3 показано конструктивного решения современных одноэтажных производственных зданий. В настоящее время металлические конструкции для ОПЗ используются очень широко. В тоже время, если обратиться к конструктивному решению одноэтажных зданий неработающих предприятий еще сохранившихся промзон, то эти здания собраны в подавляющем большинстве из типовых сборных

железобетонных конструкций.



Рис. 3. Конструктивное решение ОПЗ

Если применение стропильных металлических конструкций при больших пролетах ($L > 30$ м) представляется оправданным, то в качестве вертикальных несущих элементов и линейных стропильных конструкций при пролетах $L \leq 30$ м железобетонные колонны, балки, фермы, ребристые плиты покрытия, представляют серьезную конкуренцию металлическим конструкциям по показателям огнестойкости, стойкости против коррозии и эксплуатационным затратам.

С развитием нормативной базы проектирования сборных железобетонных конструкций, железобетонные конструкции будут востребованы при проектировании и возведении одноэтажных зданий производственного назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н., Терехов И.А.* Совершенствование нормативной базы стандартизации сборных железобетонных конструкций. – Железобетонные конструкции, №1, 2023, С.64-71.
2. *Tamrazyan A., Avetisyan L.* Estimation of load bearing capacity of eccentrically compressed reinforced concrete elements under dynamic loading in fire conditions. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Т. 638-640. С. 62-65.
3. *Малахова А.Н. Морозова Д.В.* Целесообразность применения типовых железобетонных конструкций для одноэтажных производственных зданий – Системные технологии, №3[36], 2020, с. 10-14.
4. *Тамразян А.Г., Мацевич Т.А.* Надежностная оптимизация конструкций с учетом неопределенностей при проектировании. В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования - 2022. Сборник докладов Третьей Национальной научной конференции. Москва, 2023. С. 50-54.
5. *Tamrazyan A.G.* The assessment of reliability of punching reinforced concrete beamless slabs under the influence of a concentrated force at high temperatures. В сборнике: XXV Polish – Russian – Slovak Seminar "Theoretical Foundation of Civil Engineering". Сер. "Procedia Engineering" 2016. С. 715-720.

СЕКЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ И УНИКАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Студент магистратуры 1 года обучения 1 гр. ИПГС Евстафьев А.И.
Научный руководитель - проф., д-р техн. наук, проф. Г.П. Тонких*

ПОВЫШЕНИЕ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ ЗА СЧЕТ СПИРАЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ

В данной статье рассмотрены вопросы, связанные с защитой железобетонных зданий от сейсмических воздействий: приведена краткая характеристика существующих методов обеспечения сейсмостойкости зданий; определено одно из наиболее перспективных, по мнению авторов, направлений дальнейших исследований в области проектирования и строительства сейсмостойких зданий.

В последние годы отмечается повышение сейсмической активности земной коры, в т.ч. на территориях, ранее не проявляющих высокую сейсмичность. Так уровень нормативной сейсмичности некоторых районов России, согласно ныне действующим картам общего сейсмического районирования ОСР-2016 (введены в действие 27.06.2020 г), повышен на 1 - 2 балла (для Красноярска, Симферополя, Ставрополя, Хабаровска, Южно-Сахалинска и т.д.). Более того, к числу сейсмоопасных отнесен ряд районов, в которых ранее допускалось строительство зданий без учета этих требований. Особого упоминания требует серия землетрясений магнитудой до 7,8 баллов, произошедших 06.02.2023 на юге Турции, которые унесли более 60 тыс. жизней (первое настолько мощное сейсмическое событие на этой территории).

В настоящее время принято выделять два общих подхода к проектированию сейсмостойких зданий.

1. Традиционный подход к проектированию сейсмостойких зданий, который основывается на увеличении прочности несущих конструкций здания и его способности сопротивляться динамическим нагрузкам. В данном подходе повышение сейсмической стойкости осуществляется с помощью объемно-планировочных и конструктивных мероприятий. К таким мероприятиям относятся: применение центральной симметрии планировочных решений; размещение центра тяжести здания на минимально возможной высоте и снижение массы здания в целом; увеличение глубины заложения фундамента; повышение жесткости и несущей способности конструкций.

2. Подход к проектированию сейсмостойких зданий с применением дополнительных специальных устройств, преобразующих энергию землетрясений в тепловую (рассеиваемую энергию) и перемещение. К

таким устройствам относятся: сейсмические демпферы, различные виды опор (эластомерные, пружинные, плоские скользящие, маятниковые). Устройства могут быть как пассивными (с установленными заранее рабочими параметрами), так и с активным управлением (рабочие параметры меняются в установленном диапазоне, корректируются от управляющего воздействия).

Значительным недостатком оснащения зданий пассивными специальными устройствами является эффективность работы последних только в заданных расчетных условиях (с учетом особенности АЧХ, на которую настроена колебательная система). Явления резонансов, возникающие при землетрясениях, когда частоты возмущающих воздействий совпадают с собственными частотами колебательных контуров, могут привести к усугублению последствий землетрясений. Активные системы (состоят из датчиков, вычислительных процессоров для формирования управляющих воздействий на конструкцию, исполнительных устройств-приводов) сложны и дороги, требуют высокой квалификации при эксплуатации. Данные недостатки второго подхода, в условиях вышеупомянутой изменяющейся сейсмической активности, являются существенными. Результаты экспериментов [1] показали, что железобетонные конструкции со спиральным армированием обладают повышенной деформативностью, энергоемкостью, характеризуются большей прочностью, чем конструкции с традиционным армированием линейными стержнями. На рисунке 1 приведены результаты эксперимента по определению продольных деформаций образцов призм 100 x 100 x 400 мм.

Несмотря на проведенные экспериментальные исследования в области спирального армирования, на данный момент практически отсутствуют данные по оценке напряженно-деформированного состояния узлов монолитных железобетонных конструкций со спиральным армированием (узлы являются одним из наиболее важных элементов при обеспечении общей сейсмостойкости зданий (см. рис. 2)); практически не разработаны принципы и методика армирования таких узлов.

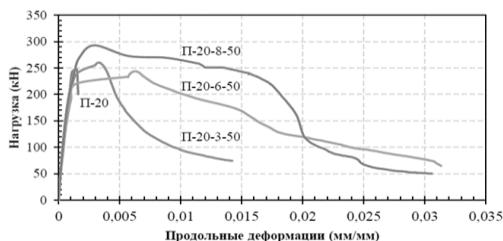


Рис. 1. Графики зависимости продольных деформаций от нагрузки образцов П-20, П-20-3-50, П-20-6-50, П-20-8-50 [1].

Образцы П-20 – призмы 100х100х400, класс бетона В20, без армирования; образцы П-20-3-50, П-20-6-50, П-20-8-50 – призмы 100х100х400, класс бетона В20, армированы спиральной арматурой А240 диаметрами 3,6,8 мм соответственно, шаг спирали 50 мм.

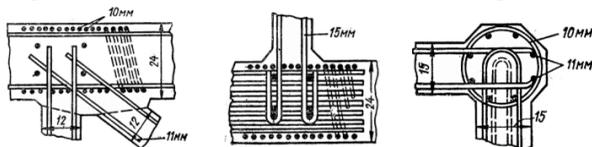


Рис.2. Примеры узлов с применением спирального армирования, использованные М. Консидером в составе ж/б фермы [2].

Результаты исследований свидетельствуют о том, что применение спирального армирования позволит сохранить целостность зданий [3-5] при работе конструкций на ниспадающей ветви диаграммы «нагрузка-деформация», при значительно больших деформациях конструкций. В последующем возможно восстановление несущей способности конструкции таких зданий путем усиления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кабанцев О.В., Тонких Г.П., Симаков О.А., Аверин И.А., Какуша В.А.* Результаты экспериментальных исследований образцов из бетона различной прочности со спиральным армированием // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений 2023. № 5. С. 24-39.
2. *Гнедовский В.И.* Косвенное армирование железобетонных конструкций. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1981. С.69-75.
3. *Тамразян А.Г., Мацевич Т.А.* Надежностная оптимизация конструкций с учетом неопределенностей при проектировании. В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования - 2022. Сборник докладов Третьей Национальной научной конференции. Москва, 2023. С. 50-54.
4. *Tamrazyan A.G.* The assessment of reliability of punching reinforced concrete beamless slabs under the influence of a concentrated force at high temperatures. В сборнике: XXV Polish – Russian – Slovak Seminar “Theoretical Foundation of Civil Engineering”. Сер. "Procedia Engineering" 2016. С. 715-720.
5. *Tamrazyan A., Avetisyan L.* Estimation of load bearing capacity of eccentrically compressed reinforced concrete elements under dynamic loading in fire conditions. Applied Mechanics and Materials. 2014. Т. 638-640. С. 62-65.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ФИБРОБЕТОНОВ С ПОЗИЦИЙ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

Сегодня строительная индустрия развивается быстрыми темпами, что является причиной поиска, разработки и создания новых высокоэффективных материалов, таких, как высокопрочный бетон. Такой материал отличается особыми механическими и физическими свойствами [1]. Но несмотря на это, одним из недостатков такого бетона является малая трещиностойкость.

Изучением образования и развития трещин занимается механика разрушения [2]. Но больше внимания отдаётся изучению механики разрушения для обычных бетонных образцов [3]. Поэтому для исследования выбран в силу своей низкой трещиностойкости именно высокопрочный бетон, который будет рассмотрен с позиций механики разрушения.

В данном разделе физики твёрдого тела фигурируют два основных параметра для описания появления и развития трещин в теле бетонного образца – коэффициент интенсивности напряжений в вершине образующейся трещины (характеризует вязкость разрушения материала) (K [МПа · м^{1/2}]) и скорость высвобождения энергии (G [Н/М]).

Зарождением механики разрушения можно считать работы по теории трещин, принадлежавших А.А. Гриффитсу. Именно он сформировал первый критерий разрушения – энергетический критерий.

Известно, что трещина – это концентратор напряжений и деформаций. Для механики разрушения характерно, что трещина начинает распространяться тогда, когда коэффициент интенсивности напряжений или интенсивность высвобождаемой энергии достигают критических значений.

Существует три вида роста трещин, каждому из которых соответствует свой коэффициент интенсивности напряжений:

- 1) Нормальный отрыв ($K_I = K_{IC}$);
- 2) Поперечный сдвиг ($K_{II} = K_{IIC}$);
- 3) Продольный сдвиг ($K_{III} = K_{IIIC}$).

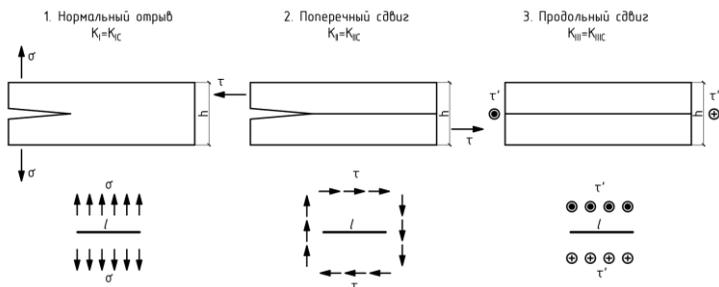


Рис. 1 Виды роста трещин

Общий вид формулы для вычисления коэффициента интенсивности напряжений:

$$K = \sigma Y(\lambda) \sqrt{\pi l}, \quad (1)$$

где σ – напряжение вблизи вершины трещины;

$\lambda = \frac{l}{h}$, l – длина (глубина) трещины, h – высота сечения образца;

$Y(\lambda)$ – безразмерный поправочный коэффициент, который вводится при расчёте образца конечного размера.

Для поперечного и продольного сдвига нормальные напряжения заменяются касательными напряжениями:

$$K = \tau Y(\lambda) \sqrt{\pi l} \quad (2)$$

При нормальном отрыве $K_I = K_{IC}$ называется критерием разрушения Ирвина, где K_{IC} характеризует силовой критерий распространения трещины – вязкость разрушения.

В данной работе внимание уделено росту трещин при нормальном отрыве для образцов конечных размеров. Поэтому формула для вычисления коэффициента интенсивности напряжений при нормальном отрыве имеет следующий вид:

$$K_{IC} = \sigma_{cp} \sqrt{\pi l} \cdot Y(\lambda) \quad (3)$$

Чаще всего для определения K_{IC} проводят испытания на трёхточечный изгиб балок с предварительно заложенной искусственной трещиной [4-5].

Формула коэффициента $Y(\lambda)$ для трёхточечного изгиба надрезанной балки:

$$Y(\lambda) = \frac{(1 - \lambda)^2}{\sqrt{\pi}} [1,93 - 3,07\lambda + 14,53\lambda^2 - 25,11\lambda^3 + 25,8\lambda^4]$$

Для нормального отрыва формула критической скорости высвобождения энергии:

$$G_{IC} = \frac{K_{IC}^2}{E}, \quad (4)$$

где E – модуль упругости.

Из формул (1-3) видно, что с набором прочности материала и ростом напряжения в вершине трещины увеличивается и коэффициент интенсивности напряжений. Т.к. коэффициент интенсивности напряжений эквивалентен интенсивности высвобождаемой энергии, то и для G_{IC} существует прямая зависимость от срока упрочнения бетона (формула (4)).

Можно отметить, что, чем больше коэффициент K_{IC} и напряжение в вершине трещины, тем быстрее происходит развитие трещины. Поэтому проводятся исследования по улучшению трещиностойкости бетона [6] за счёт добавления специальных добавок и фибры. Но данные исследования не рассматривают или только начинают изучать [7] тело высокопрочного бетона с точки зрения механики разрушения. Поэтому дальнейшей целью исследований будет изучение параметров механики разрушения и поведения высокопрочного бетона с фиброй для нахождения зависимости между физико-механическими характеристиками бетона и параметрами механики разрушения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Okolnikova G.E., Kharun M., Tiekolo D.* Effect of modifier mb10-01 on the physical and mechanical properties of high-strength coarse-aggregate concrete. J. Fundam. Appl. Sci., 2017, Vol. 9(7S), P. 391-401.
2. *Зайцев Ю.В., Окольникова Г.Э., Доркин В.В.* Механика разрушения для строителей: электронное мультимедийное учебное пособие. М.: МГОУ, 2007.
3. *Shah S.P.* Fracture mechanics for concrete and rock // Experimental Techniques. 1987, Vol. 11.3, P. 38.
4. *Окольникова Г.Э., Курбанмагомедов А.К.* Исследование трещиностойкости высокопрочных бетонов методами механики разрушения // Системные технологии. 2017. N 23. С. 42-46.
5. Экспериментальное определение параметров механики разрушения высокопрочных бетонов / *Н.И. Карпенко, Ю.В. Зайцев, Г.Э. Окольникова, А.А. Андрианов, А.В. Погосян* // Academia. Архитектура и строительство, 2010. N 3. С. 553-558.
6. *Алексеев К.Н., Курилко А.С., Захаров Е.В.* Влияние базальтового волокна (фибры) на вязкость и энергоёмкость разрушения мелкозернистого бетона // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. N 12. С. 56–63.
7. *Okolnikova G.E.* Experimental studies of crack resistance of high-strength fine-aggregate "powdery" concrete // AIP Conf. Proc. 4, 2023, Vol. 2497 (1): 020067.

АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕННЫХ РАНЕЕ ИССЛЕДОВАНИЙ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛОСКИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ В ЗОНЕ ПРОДАВЛИВАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ЕЕ УСИЛЕНИЯ

В настоящее время существуют различные способы усиления плоских монолитных железобетонных плит в зоне продавливания, как увеличения площади опирания путём устройства железобетонных и металлических капителей, так и увеличение расчётной высоты плиты, однако данные методы включают в себя особенности, понижающие их эффективность.

Исходя из этого, до недавнего времени, самым эффективным оставался метод повышения несущей способности перекрытия на продавливание с установкой дополнительных поперечных стержней, к чему можно прийти, рассматривая исследование [3].

В работе [6] были приведены и обработаны восемьдесят пять экспериментальных образцов с различным поперечным армированием: хомутами, шпильками, сварными каркасами и стержнями с анкерами

На основе результатов опытов можно утверждать, что наиболее эффективным является усиление поперечной арматурой с анкерами по сравнению с остальными типами. При этом предел текучести стержней может быть увеличен в 1,17 раза. Все вышеуказанные недостатки были решены с появлением нового, относительно инновационного способа усиления, разработанного зарубежными инженерами и рассмотренного в отечественных работах [1], [2], [4]. Данный метод заключается в наклонном усилении с использованием химических анкеров Hilti, путём установки в существующую плиту входе бурения отверстий с нижней стороны плиты перекрытия и последующей вклейки стержней с помощью высокопрочного химического состава, в основу которого легла эпоксидная смола.

Особенности, отличающие данную методику:

- Осуществление работ с одной стороны;
- Отсутствие выступающих частей усиления;
- Отсутствие перегрузки конструкции;
- Минимизация сроков производства работ по усилению;
- Отсутствие по пожарной защите узлов усиления;
- Снижение расхода стали;
- Отсутствие сквозного повреждения плиты;

- Возможность усиления фундаментных плит.

На основе экспериментальных исследований [1] и проведённых в данной работе двенадцати испытаний, отмечается высокая эффективность метода по прочности и по деформативности, повышение эксплуатационной надёжности и безопасности плит и узлов соединения. Но и данный способ не лишён недостатков, к которым можно отнести необходимость обеспечения двухсторонней доступности к конструкции перекрытия, дополнительные затраты на устройство косметической отделки, наличие выступающих деталей, препятствующих последующим работам, решение проблемы с организацией огнезащиты и гидроизоляции узлов усиления.

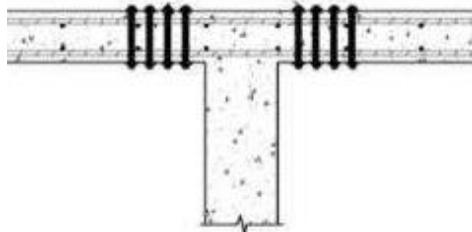


Рис. 1. Установка поперечной арматуры с анкерами.

В ходе экспериментальных исследований, проводимых в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева и продемонстрированных в работе [5], образцы подвергались воздействию, как только сосредоточенной силы, так и сосредоточенной силы и момента. Были использованы три образца с усилением и один эталонный без усиления. При анализе выполненных численных и практических экспериментов было выявлено повышение прочности на продавливание усиленных образцов на 51-53%, в то время как фактическая прочность увеличилась на 38-52%. Однако автор отмечает наличие, что погрешность расчётов составляет 15%.

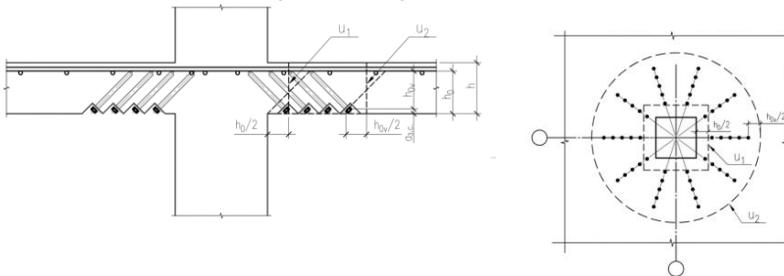


Рис. 2. Опытные образцы. Схемы усиления.

Стоит заметить, что в данных исследованиях не учитывалось влияние поперечного сечения колонн при продавливании.

Таким образом, к перспективам дальнейших исследований можно отнести более подробное изучение влияния сечения колонны на прочность и деформативность при различных способах усиления на основе отечественных и зарубежных работ, и экспериментов, и разработку конечно-элементной модели в программных комплексах с максимально приближенными параметрами к фактической модели, учитывающей нелинейную работу материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технологии усиления плит перекрытий от продавливания с использованием вклейки поперечных арматурных стержней NLTPI NZA-P : статья в журнале – научная статья / Ершов М. Н., Мушкин А. В. – Москва, 2013. – с. 29-35.

2. Обзор решений усиления плоских плит на продавливание (отечественный и зарубежный опыт) : статья в сборнике трудовой конференции / Н.С. Пичкурова, канд. техн. наук, доцент, А.И. Шелковникова, студент – Новосибирск, 2020. – с. 29-34.

3. Усиление плоских железобетонных перекрытий в зоне продавливания : статья в сборнике трудовой конференции / В.В. Бобров, канд. техн. наук, доцент, Д.С. Бондарев, студент – Москва, 2019. – с. 542-544.

4. Варианты усиления на продавливание стыка колонны и плиты перекрытия : статья в сборнике трудов конференции / Захарова М.Ю., Кучеренко А.С. – XIII Международный молодежный форум, Белгород, 2021. – с. 823-827.

5. Продавливание железобетонных плит, усиленных вклеенной поперечной арматурой : статья в журнале – научная статья / А.Н. Болгов, канд. техн. наук, А.З. Сокуров, инж. «НИИЖБ им А.А. Гвоздева», Д.В. Алексеенко, инж. «НЛТИ».

6. Поперечное армирование плит в зоне продавливания : статья в журнале – научная статья / А.Н. Болгов, канд. техн. наук, А.З. Сокуров, инж. «НИИЖБ им А.А. Гвоздева» – Москва, 2017. – с. 128-132.

7. *Tamrazyan A., Avetisyan L.* Estimation of load bearing capacity of eccentrically compressed reinforced concrete elements under dynamic loading in fire conditions. *Applied Mechanics and Materials.* 2014. Т. 638-640. С. 62-65.

ВЛИЯНИЕ РАБОЧЕГО ШВА БЕТОНИРОВАНИЯ НА РАСЧЁТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В современном мире расчёт зданий и сооружений из монолитного железобетона делают с допущением, что постройка является цельномонолитной. То есть в расчетных схемах как наличие, так и положение рабочего шва бетонирования (РШБ) не учитывается.

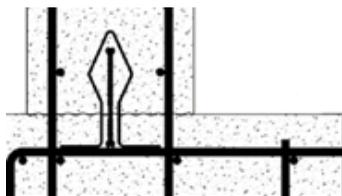


Рисунок 1. РШБ с гидрошпонкой. Стык стены и фундамента с гидроизоляцией.

Возникает необходимость использования швов бетонирования — внимательно продумывать каждый момент, включая технологические швы бетонирования, ещё на этапе проектирования, например, стыки стен и фундамента см. рисунок 1.

При расчёте зданий и сооружений технологический шов бетонирования принимается исходя из условия наименьшей поперечной силы, действующей на конструкцию, а так же согласно СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции» [Ошибка! Источник ссылки не найден.] и СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции, основные положения» [1], где установлены требования положения рабочего шва бетонирования для конкретных конструкций.

Однако зачастую никаких расчетов не производится, а, следовательно, незаурядных решений по проектированию рабочего шва в конструкции не принимается.

Что касается иностранных материалов по данной теме, были рассмотрены нормативные документы АСІ (Американского института бетона) такие, как: «*Joints in Concrete Construction*» [2] и «*Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19)*» [3]. В нормах Америки так же принимается конкретное положение рабочего шва бетонирования, например, где балка пересекает прогон, АСІ 318[3] требует, чтобы строительный шов в прогоне (*girder*- прогон, главная балка) был смещен

на расстояние, равное удвоенной ширине входящей балки (*beam* – вспомогательная/второстепенная балка), однако расчет прочности конструкционных материалов не представлен.

Чтобы постараться учесть технологический шов бетонирования в конструкциях была изучена литература по программному комплексу *SCAD Office*, а именно «*SCAD Office*. Версия 21. Вычислительный комплекс *SCAD++*» [4], где были найдены способы задания упругого шарнира. Упругий шарнир позволяет задать ограниченное перемещение в определенном направлении при действии определенного значения нагрузки на единицу измерения. Таким образом, есть возможность задать определенное значение жесткости, при котором узел будет смещаться при определенном усилии.

Поэтому необходимо связать ручной счет и теоретический, так как без помощи ручного счёта придётся несколько раз запускать процесс расчёта схемы в программном комплексе. В месте положения рабочего шва бетонирования реакция со стороны бетона и арматуры на действие поперечной силы равна нулю, что очевидно. В таком случае, при наличии действия поперечной силы в заданном месте большего, чем сила, которую смогут воспринять продольные арматурные стержни, появляется риск отрыва защитного слоя бетона, см. рисунок 2.

Существуют два способа преодолеть отрыв защитного слоя бетона (ЗСБ).

Первый способ, согласно СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы» [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] установить поперечную арматуру на расстоянии 7,5 см по разные стороны от рабочего шва бетонирования таким образом, чтобы стержни охватывали продольное армирование у обеих граней конструкции (см. рисунок 3). Ввиду сложностей с производством работы по точечной сварке, допускается произвести анкеровку деталей поперечной арматуры с крюком с обоих концов.

Второй способ - решение с созданием выступов в месте положения технологического шва бетонирования таким образом, чтобы одна часть конструкции опиралась на другую (см. рисунок 4). При использовании этого способа с особым вниманием стоит подойти к определению направления поперечной силы. Стержни поперечного армирования, как и в предыдущем пункте, необходимо установить.

Итак, по результатам проведенного анализа, в т.ч. работ [1-6] можно сделать вывод и обосновать **актуальность исследования**. Тема рабочих швов бетонирования остается крайне важной, при этом достаточно малоизученной. **Задача** данной работы - анализ ранее выполненных научных исследований влияния рабочего шва бетонирования на расчет статически неопределимых железобетонных конструкций.

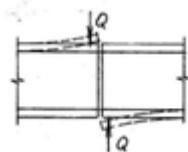


Рисунок 2.
Отрыв ЗСБ

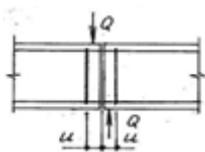


Рисунок 3.
Поперечное армирование

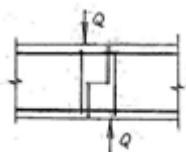


Рисунок 4.
Выступы

Предстоящие задачи:

- Разработка конечно-элементной модели в программном комплексе с максимально приближенными параметрами к фактической модели, учитывающие нелинейную работу материалов.
- Выполнение численного эксперимента с использованием конечно-элементной модели в программном комплексе.
- Определение влияния различных способов формирования и расположения шва бетонирования на расчет статически неопределимых железобетонных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тамразян А.Г., Аветисян Л.А. Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов на кратковременную динамическую нагрузку. Строительство: наука и образование. 2013. № 4. С. 2.

2. Тамразян А.Г., Дехтерев Д.С., Карпов А.Е., Ласковенко А.Г. Определение расчетных параметров для оценки надежности платформенных стыков панельных зданий. В сборнике: Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия. Под редакцией А.Г. Тамразяна, Д.Г. Копаницы. 2016. С. 413-416.

3. Тамразян А.Г., Орлова М.А. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных изгибаемых элементов с трещинами. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 6 (53). С. 98-105.

4. Тамразян А.Г., Манаенков И.К. К расчету изгибаемых железобетонных элементов с косвенным армированием сжатой зоны. Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 41-44.

5. Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Фиалко С.Ю., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А. SCAD Office. Версия 21. Вычислительный комплекс SCAD++. Москва, 2015.

6. Тамразян А.Г. Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов при динамическом нагружении в условиях огневых воздействий. Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 29-35.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ТВЕРДЕНИИ БЕТОНА ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ С ВНЕШНИМ ЛИСТОВЫМ АРМИРОВАНИЕМ

Твердение бетона - это сложный физико-химический процесс, сопровождающийся выделением тепла, что может привести к повышению температуры и, следовательно, различным проблемам, таким как трещины или деформации. Особенно значимым это может быть для конструкций, где внешняя стальная оболочка несъемная и невозможно визуально оценить поверхность бетона. Это относится прежде всего к трубобетонным и сталежелезобетонным конструкциям с листовым армированием.

В случае, когда бетонная или железобетонная конструкция имеет прямой контакт с металлической оболочкой, тепло быстро распространяется по всей толщине оболочки из-за высокой теплопроводности металла. Однако на участках с дефектами внутри конструкции, такими как полости, непробетонированные участки или наличие строительного мусора, где нет плотного контакта бетона и металлической оболочки, передача тепла будет замедлена, и температура на поверхности металла может быть ниже. Гипотеза научной работы – определение внутренних дефектов внутри сталежелезобетонных конструкций по разнице температур наружного стального листа в зоне условного дефекта, это можно выполнить тепловизором или контактным термометром. На рисунке 1 показан пример склейки теплофизических карт с использованием термограммы панорама.

В данной статье рассматривается математическая оценка экзотермических процессов в сталежелезобетонных конструкциях путем решения тепловой задачи. Расчет должен показать локальные области пониженной температуры на внешнем листе в случае внутренних нарушений целостности бетона. Это позволит понять принцип обнаружения значительных дефектов в бетоне без вскрытия металлической оболочки, что повысит надежность и безопасность данных конструкций.

В рамках исследования были приняты 4-е расчетных случая с различными дефектами – деревянный брус, щебень, пеноплекс и воздушный карман.

Расчет проводился по формулам:

$$Q = cm(t_2 - t_1) \quad (1)$$

$$Q1+Q2+Q3=0$$

(2)

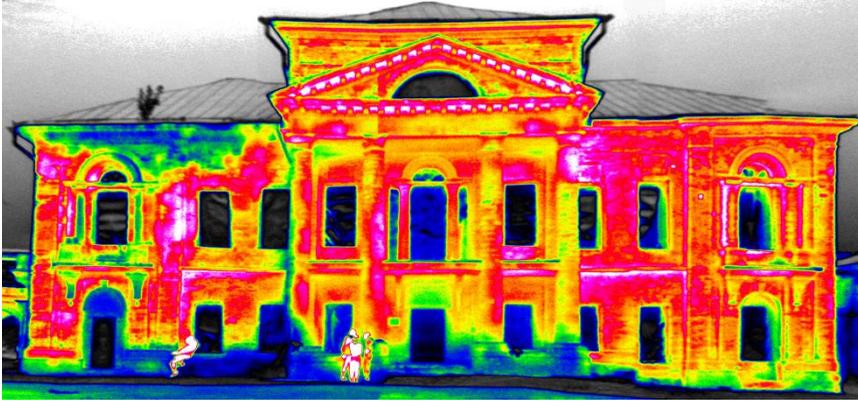


Рис. 1. Пример склейки локальных тепловизионных карт.

Предположим, что в процессе набора прочности, бетон разогрелся до 60 °С.

Температура наружного воздуха принята 21 °С.

В результате решения уравнения теплового баланса (2) получаем(см. рисунок 2), что в местах, где бетон свободно соприкасается с металлическим листом, температура поверхности 52 °С. В месте, где был заложен дефект, температура поверхности металла составила:

- деревянный брусок – 28 °С;
- щебень - 35 °С;
- пеноплекс - 36 °С;
- воздушный карман - 22 °С.

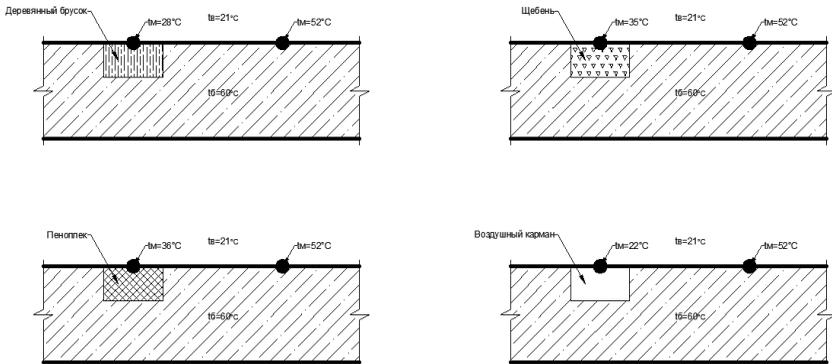


Рис. 2. Расчетные схемы с результатами расчета

Численный метод оценки показал, что:

- во время экзотермических процессов происходит выделение тепла из-за химического процесса застывания бетона, что может привести к повышению температуры и, следовательно, различным проблемам, таким как трещины или деформации

- по разнице температур на поверхности металла, можно определить наличие дефектов в бетоне, а так же сделать вывод о типе дефекта;

- предложенная математическая модель позволяет оценить риски и принять меры по их смягчению.

Предложенная методика определения и поиска внутренних дефектов в элементах с внешним листовым армированием с использованием тепловизионной съемки, подтвержденная результатами расчета и законами теплопереноса, представляется успешной. В настоящее время нет других методов, способных точно определить местоположение и параметры дефекта в таких конструкциях.

Предложенная методика применима к конструкциям любой сложности и конфигурации, хотя требует предварительной проверки на массивных образцах с различной толщиной металлической облицовки.

Единственным минусом данного метода является время активного твердения и набора прочности бетона. Однако создание искусственного источника тепла снаружи конструкции или источника холода, не изменит основной принцип предложенной методики.

В дальнейшей работе по разработке оценки экзотермических процессов при твердении бетона для элементов с внешним листовым армированием будут проводится расчеты в программных комплексах, а также проверка на натуральных образцах при различных параметрах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. *Бабалич В. С.* Сталежелезобетонные конструкции и перспектива их применения в строительной практике России / *В. С. Бабалич, Е. Н. Андросов* // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 4, № 4. – С. 205-208.

2. *Тамразян А.Г.* Методология анализа и оценки надежности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций. Железобетонные конструкции. 2023;1(1):5-18.

3. *Травуш В.И., Конин Д.В., Рожкова Л.С., Крылов А.С.* Отечественный и зарубежный опыт исследований работы сталежелезобетонных конструкций на внецентренное сжатие//Строительство и реконструкция. 2016. № 5(67). С. 31-44

4. *Каприелов С.С., Травуш В.И., Шейнфельд А.В., Карпенко Н.И., Кардунян Г.С., Киселева Ю.А., Пригоженко О.В.* Строительные материалы ежемесячный научно-технический и производственный журнал. М.; Стройматериалы; 1998. 2006. - № 10. - С. 13-17.

5. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Известно, что в области строительной инженерии обеспечение механической безопасности конструкций играет ключевую роль. Тонкий баланс между образованием и распространением трещин оказывает решающее воздействие на общую устойчивость и безопасность различных элементов инфраструктуры. В связи с этим в данной работе проведем анализ современных воззрений на проблему трещин в высокопрочном железобетоне и возможные направления ее решения, обращая внимание на сценарии, когда расчеты трещиностойкости при проектировании конструкций становятся ключевыми.

Расчет по раскрытию трещин формулируется в виде критерия вида:

$$a_{crc} \leq a_{crc,ult} \quad (1)$$

где ширина раскрытия трещин не должна превышать предельно допустимое значение.

Различные конструкции и конструкции из различных бетонов требуют разных подходов и разного контроля образования трещин. Особое внимание в исследованиях последнего времени уделяется высокопрочному железобетону (ВЖБ) как материалу с высокой прочностью и имеющего отличную от обычного железобетона специфику трещинообразования. Так, в исследованиях [1,2] было показано, что, что разрушение конструкций из высокопрочного железобетона и фиброжелезобетона обычно происходит по единственной или по одной из немногочисленных трещин, появившихся сразу по достижении нагрузки трещинообразования. При этом ширина раскрытия трещины a_{crc} уровне оси растянутой рабочей арматуры при нагрузке 0,8 от разрушающей составляла от 0,4 до 1,6 мм и на их удалении двух диаметров от этой оси ($a_{crc,b}$) – в два с половиной раза больше. К аналогичному выводу, значительно позднее пришли и зарубежные ученые, например Strain Compliance Crack (SCC) [3]. Такой подход позволяет учесть так называемый деформационный эффект [4] в сечении с трещиной, обеспечивает глубокое понимание физического явления раскрытия трещины в железобетоне трещин и тем самым

значительно уточнить этот один из важнейших параметров при оценке предельных состояний второй группы.

На рис. 1 представлена схема депланации бетона в сечениколчунова и с трещиной согласно деформационной модели, предложенной в работе Колчунова Вл.И. [2]. При этом на рис. 2 приведена схема эпюры деформаций бетона и арматуры на участке между наклонными трещинами.

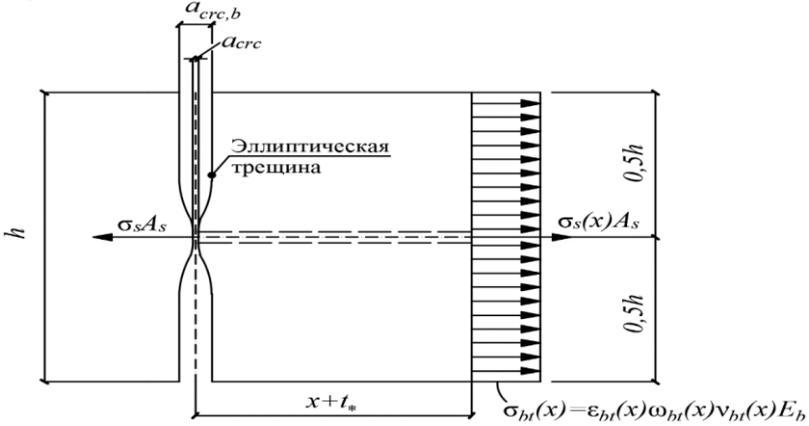


Рис.1. Схема депланации бетона в сечении с трещиной согласно деформационной модели [2]

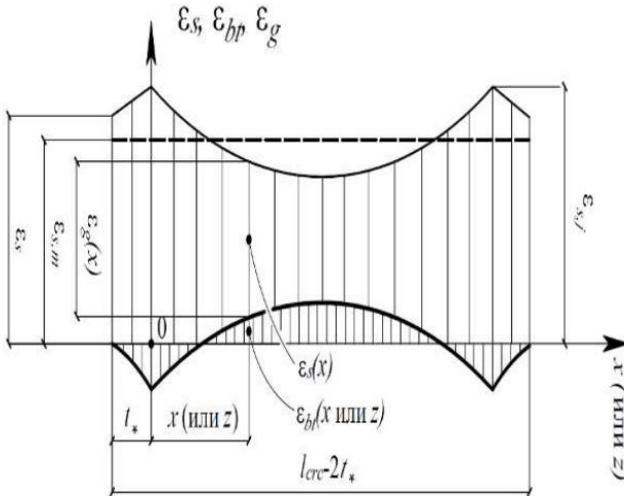


Рис.2. Схема эпюры деформаций бетона и арматуры на участке между наклонными трещинами [2]

Достоверность предложенной деформационной модели для расчета ширины раскрытия трещин в высокопрочном железобетоне подтверждена рядом экспериментальных исследований российских [1-2] и зарубежных [4, 5] ученых и апробирована практикой проектирования реальных конструкций из высокопрочного железобетона.

Заключение

Несмотря на все более широкое распространение в практике проектирования и строительства конструкций из высокопрочного железобетона, методы расчета их трещиностойкости в научных публикациях российских и зарубежных авторов, остаются недостаточно строгими и полными и требуют совершенствования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Травуш, В. И.* Результаты экспериментальных исследований сложнапряженных балок круглого поперечного сечения из высокопрочного фиброжелезобетона / В. И. Травуш, Н. И. Карпенко, В. И. Колчунов, С. С. Каприелов, А. И. Демьянов, С. А. Булкин, В. С. Московцева // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений.* — 2020. — № 4. — С. 290–297.
2. *Колчунов, В. И.* Результаты экспериментальных исследований конструкций квадратного сечения при кручении с изгибом / В. И. Колчунов, А. И. Демьянов, И. В. Печенев // *Строительство и реконструкция.* – 2020. – № 5(91). – С. 3–12.
3. *Gintaris Kaklauskas, Aleksandr Sokolov, Karolis Sakalauskas* Strain compliance crack model for RC beams: primary versus secondary cracks. *Engineering Structures.* 2023. 281. 115770
4. *Колчунов В.И.* Проблема раскрытия трещин в железобетоне. *Строительство и реконструкция.* 2024;(1): 1429. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2024-111-1-14-29>
5. *Тамразян А.Г., Манаенков И.К.* К расчету изгибаемых железобетонных элементов с косвенным армированием сжатой зоны. *Промышленное и гражданское строительство.* 2016. № 7. С. 41-44.

РАСЧЕТ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПРОСТЕНКА ИЗГОТОВЛЕННОГО ПРИ ПОМОЩИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Традиционный подход к созданию железобетонных конструкций подразумевает уплотнение бетонной смеси. Это обеспечивает формирование бетонного тела с минимальным количеством пустот и неоднородностей. Действующие нормы предусматривают контроль однородности бетонной смеси, что позволяет использовать характеристики прочности и деформации бетона, соответствующие модели однородного деформируемого тела. Нормы также учитывают особенности работы бетона в конструкции через введение соответствующих коэффициентов условий работы. Важно отметить, что современная система характеристик прочности и коэффициентов надежности бетонных конструкций сформирована на основе обширных экспериментальных исследований, включая стандартные образцы и экспериментальные конструкции, изготовленные по традиционной технологии бетонирования. Таким образом, применение существующих методов нормирования механических характеристик не подходит для новых элементов и конструкций.

Одним из таких новых методов изготовления бетонных, в некоторых случаях железобетонных, конструкций является аддитивное строительное производство или 3D-печать бетоном (3DCP). Эта технология считается перспективной, так как ее развитие направлено на сокращение участия человека в процессе производства и широкое использование робототехники и цифровых технологий. Применение аддитивных методов в строительстве зданий позволяет снизить трудозатраты квалифицированного персонала на строительной площадке и реализовать различные архитектурные решения при использовании стандартного оборудования. Принимая во внимание то, что аддитивное строительное производство – это очень перспективное и многообещающее направление развития строительной отрасли, что в настоящее время опубликовано сравнительно мало научных исследований о работе подобных строительных конструкций, а также тот факт, что нормативной документированной базы и вовсе не существует, предпринимается попытка рассчитать железобетонный простенок с несъемной опалубкой, выполненной из 3D-печатного бетона, как сборно-монолитную конструкцию при помощи существующих норм.

Расчет выполняется для простенка, несъемная опалубка которого выполнена в виде двух 3D напечатанных слоев (толщина каждого 60мм). (рис.1)

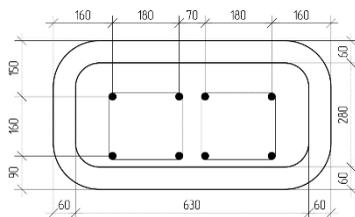


Рис. 1. (Простенок с ж/б сердечником, выполненный с применением технологий 3D печати бетона)

Здание трехэтажное с размерами в осях: 6 м в ширину, 12 м в длину (рис. 2). Монолитное заполнение простенка выполнено из бетона класса В25, армирование $8\varnothing 16\text{мм}$ класса А500. Прочность бетона на сжатие $R_b = 14.5$ МПа, прочность на растяжение $R_{bt} = 1.05$ МПа, модуль упругости $E_b = 30 \cdot 10^3$ МПа. Поперечная арматура монолитного сердечника: хомуты $\varnothing 8$ А500 с шагом 200мм.

Таблица 1

$N_{\text{Э}}$	$a \cdot b$, м·м	b_l , м	l , м	e_0 , м	N , кН	M , кН·м	R_{b1} , МПа	R_{b2} , МПа	k , %
1	0,40· 0,75	0,12	6	0,07	570	38,00	$19,7 \cdot 10^3$	-	14,4
2	0,40· 0,75	0,12	8	0,07	754,5	50,00	$19,7 \cdot 10^3$	-	16,3
3	0,40· 0,75	0,12	10	0,07	939	62,60	$19,7 \cdot 10^3$	$14,5 \cdot 10^3$	16,3
4	0,40· 0,75	0,12	12	0,07	1123,5	74,90	$19,7 \cdot 10^3$	$14,5 \cdot 10^3$	17,3
5	0,40· 0,75	0,12	14	0,07	1308	87,20	$19,7 \cdot 10^3$	$14,5 \cdot 10^3$	18,0

$a \cdot b$ – габариты сечения простенка,
 b_l – толщина слоя опалубки,
 l – шаг железобетонных простенков с несъемной опалубкой, выполненной из 3D-печатного бетона,
 e_0 – эксцентриситет,
 N – продольная сила,
 M – момент, возникающий в верхнем сечении простенка,
 R_{b1}/R_{b2} – прочность бетона несущих конструкций,

k - коэффициент использования.

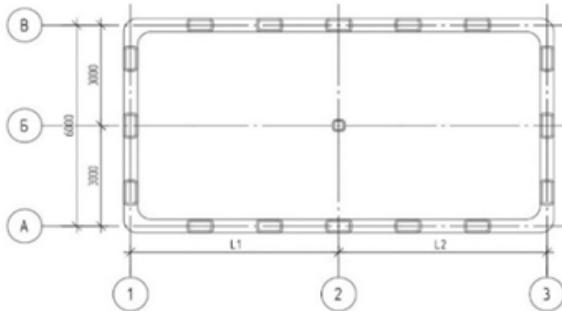


Рис. 2. (Схема вертикальных несущих конструкций)

Выводы:

- В первом и втором расчетах нейтральная ось проходила в теле опалубки;
- В расчетах с третьего по пятый нейтральная ось сместилась в тело монолитного сердечника простенка;
- Коэффициент использования рос с каждым увеличением шага между простенками;
- Расчеты показывают эффективность учета опалубки в расчете на внецентренное сжатие

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Paolini A., Kollmannsberger S., Rank E.* Additive manufacturing in construction: a review on processes, applications, and digital planning methods // *Additive Manufacturing*. 2019. Vol. 30. 100894.
2. *Wolfs R.J.M., Bos F.P., Salet T.A.M.* Hardened properties of 3D printed concrete: The influence of process parameters on interlayer adhesion // *Cement and Concrete Research*. 2019. Vol. 119, pp. 132–140.
3. *Feng P., Meng X., Chen J., Ye L.* Mechanical properties of structures 3D printed with cementitious powders // *Construction and Building Materials*. 2015. Vol. 93, pp. 486–497.
4. *Wangler T., Roussel N., Bos F.P., Salet T.A.M., Flatt R.J.* Digital concrete: a review // *Cem. Concr. Res.* 2019. 123, p. 105780, 10.1016/j.cemconres.2019.105780.
5. *Panda B., Tay Y.W.D., Paul S.C., Tan M.J.* Current challenges and future potential of 3D concrete printing: aktuelle Herausforderungen und Zukunftspotenziale des 3D-Druckens bei Beton // *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*. 2018. Vol. 49 (5), pp. 666–673. DOI: 10.1002/mawe.201700279.

РАСЧЕТ МОНОЛИТНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ ИЗГОТОВЛЕННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящее время опубликовано очень мало научных исследований, посвященных работе строительных конструкций, изготовленных с применением аддитивных технологий. Пока не существует нормативной базы, необходимой для их проектирования, как в Российской Федерации, так и за рубежом. Это проблема, требующая решения в ближайшее время.

В ряде железобетонных конструкций, изготовленных с применением аддитивных технологий, 3D-печатный бетон играет роль несъемной опалубки, и с некоторой долей приближения такие конструкции можно рассматривать как сборно-монолитные.

Сборно-монолитные конструкции – это железобетонные конструкции, поперечные сечения которых состоят из сборных железобетонных элементов и дополнительно уложенных, на месте применения конструкций, монолитного бетона (бетона омоноличивания) и, при необходимости, арматуры.

В указанных выше случаях конструкции состоят из двух бетонов с различными характеристиками, один из которых (условно будем его называть «сборный») затвердел и набрал прочность раньше другого («монолитного»). Причем роль «сборного» элемента может играть как 3D-печатный бетон, так и традиционный, если он затвердел раньше. Однако расчет подобных «сборно-монолитных» конструкций следует проводить с использованием прочностных и деформативных характеристик 3D-печатного бетона и с учетом его особенностей.

Сборно-монолитные конструкции рассчитываются на прочность для двух стадий работы конструкций:

- для стадии, когда бетон омоноличивания еще не приобрел заданной прочности. Конструкция несъемной опалубки рассчитывается на воздействие массы этого бетона и других нагрузок, действующих на этапе возведения конструкции.
- для стадии после приобретения бетоном омоноличивания заданной прочности.

Основные особенности, которые необходимо учитывать при расчете конструкций из 3D-печатного бетона:

- Согласно результатов испытаний, прочность на сжатие 3D-печатного бетона ниже до 30%, чем прочность аналогичных монолитных образцов;
- Различные прочностные характеристики в разных направлениях – наибольшая прочность на сжатие наблюдается при загрузении образцов поперек слоев перпендикулярно направлению печати

Расчеты выполнялись для двухэтажного жилого здания, несущие конструкции которого изготовлены методом 3D-печати.

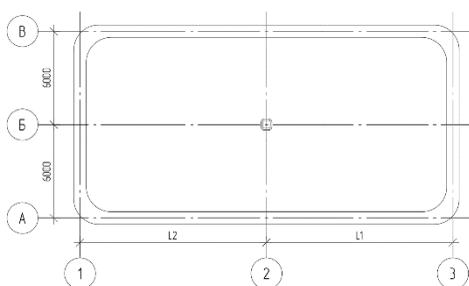


Рис.1 Схема вертикальных конструкций здания

Размеры поперечного сечения центральной колонны представлены на рис. 2. Замкнутый контур из 3D-печатного бетона служит несъемной опалубкой и участвует в работе колонны.

Расчетное сопротивление 3D-печатного бетона сжатию принято согласно результатов испытаний цилиндрических образцов при сжатии вдоль оси, перпендикулярной направлению печати: $R_{b1} = 19,7$ МПа. Плотность 2200 кг/м^3 . Монолитный сердечник колонны выполнен сечением 250×250 мм из бетона класса В25, $R_{b2} = 14,5$ МПа.

Расчетное значение продольной силы и момента в верхнем сечении колонны от полной нагрузки $N = 516,6 \text{ кН}$, $M = 16,1 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

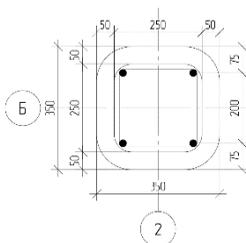


Рис.2 Поперечное сечение колонны

Согласно этих исходных данных были проведены расчеты центральной сборно-монолитной колонны. Цель расчета – проследить, как меняется несущая способность колонны в зависимости от изменения

эксцентриситета e , а также выявить влияние прочности опалубки на общую прочность сборно-монолитной колонны. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

$N, \text{кН}$	$M, \text{кН} \cdot \text{м}$	$R_{b1}, \text{МПа}$	$a \cdot b, \text{мм}$	$e, \text{м}$	k_1	k_2
516,6	16,1	19,7	350x350	0,03	7,34%	14,7%
625,8	22,95	19,7	350x350	0,037	10,47%	20,94%
731,7	29,98	19,7	350x350	0,041	13,68%	27,36%
820,8	37,94	19,7	350x350	0,046	17,32%	36,62%
910,2	46,83	19,7	350x350	0,051	21,38%	42,73%

Коэффициент использования $k = \frac{N \cdot e}{N_{ult}} \cdot 100\%$

По результатам выполненных расчетов установлено:

1. Учет прочности опалубки замкнутого сечения, изготовленной из 3D-печатного бетона, позволяет увеличить прочность на внецентренное сжатие сборно-монолитной колонны на 51% (при использовании бетона класса В25 для заливки монолитного сердечника)
2. При увеличении эксцентриситета приложения продольной силы на сборно-монолитную колонну, коэффициент использования увеличивается в пределах 15%

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кабанцев О.В., Карлин А.В.* Особенности структуры бетона элемента конструкции, выполненной по аддитивной технологии. Железобетонные конструкции. 2023. Т. 1. №1. С. 55-63.
2. *Агеева М.С., Матюхина А.А., Никулина А.С.* Аддитивные технологии – эпоха инноваций в строительстве.
3. *Удодов С.А., Белов Ф.А., Золотухина А.Е.* 3D-печать в строительстве: новое направление в технологии бетона и сухих строительных смесей.
4. *Уморина Ж.Э., Мохов И.Э., Витюк Е.Ю.* Создание архитектурных форм посредством аддитивных технологий.
5. *Колчунов В.И., Колчунов Вл.И., Федорова Н.В.* Деформационные модели железобетона при особых воздействиях. Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 8. С 54-60.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАЗНАЧАЕМЫХ ЖЕСТКОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПОДГОТОВКЕ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ

В данной статье рассматриваются жесткостные характеристики бетона при подготовке расчетных моделей.

Модуль упругости является одним из ключевых параметров, характеризующих упругие свойства материалов и представляет собой физическую величину, определяющую способность материала сопротивляться деформации при действии на него внешних нагрузок. Он является одним из ключевых параметров, описывающих упругие свойства материала и его способность возвращаться к исходной форме после прекращения нагрузки, обозначается буквой E .

Согласно требованиям СП 63.13330.2018. «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.» при расчете здания, жесткостные характеристики элементов конструктивной системы следует принимать с учетом армирования, наличия трещин и неупругих деформаций в бетоне (на рисунке 1 графически показано представление о модуле упругости в различных временных точках).

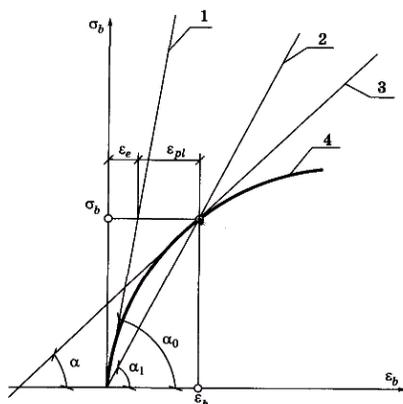


Рис. 1. Схема для определения модуля деформаций бетона: 1 – упругие деформации; 2 – секущая; 3 – касательная; 4 – полные деформации

При этом значения модуля деформации принимают равными:

- при непродолжительном действии нагрузки:

$$E_{bl} = 0,85 * E_b \quad (1)$$

- при продолжительном действии нагрузки:

$$Eb, t = Eb \div (1 + \varphi b, cr) \quad (2)$$

где Eb - начальный модуль упругости бетона; $\varphi b, cr$ - коэффициент ползучести бетона. На рисунке 1 представлены схемы для определения модуля деформаций бетона. В таблице 1 представлен исторический обзор применяемых коэффициентов упругости бетона для кратковременных и длительных нагрузок в нормативной литературе.

Таблица 1.

Наименования документа	При кратковременных нагрузках	При длительных нагрузках
НИТУ 123-55	-	θ
СНиП II-В.1-62	0,85	c
СНиП II-21-75	кп	c
СНиП 2.03.01-84	$\varphi b1$	$\varphi b2$
СНиП 52.101-2003	0,85	$\varphi b, cr$
СП 63.13330.2012	0,85	$\varphi b, cr$
СП 63.13330.2018	0,85	$\varphi b, cr$

Как можно заметить, в таблице 1 содержатся сведения о развитии модуля упругости с начала советских времен и до наших дней. В каждой строке указаны значения коэффициентов или параметров, связанных с модулем упругости, приводящиеся в соответствующем нормативном документе. Видно, что значение коэффициента для определения модуля не менялось после появления СНиП 52.101-2003.

Для исследования модуля упругости материалов проводятся различные эксперименты, включающие в себя следующие методы:

1. Статическое испытание на растяжение.
2. Статическое испытание на сжатие.
3. Испытание на изгиб.
4. Испытание на скручивание.
5. Динамические испытания.
6. Метод конечных элементов.

Эти и другие методы экспериментального исследования позволяют получить данные о модуле упругости различных материалов, что является важным для инженерных расчетов и проектирования конструкций.

Модуль упругости для железобетона не дифференцируется для различных стадий НДС. Таким образом, для расчетов деформаций и напряжений в железобетонных конструкциях принимают один модуль упругости для сжатия и растяжения (Eb) – принимается по таблице в зависимости от класса бетона, и другой модуль упругости для сдвига (G),

который примерно равный 0,4 от модуля упругости для сжатия и растяжения E_b .

Существует ряд методов для определения различных характеристик бетона, включая модуль упругости, которые указаны в ГОСТ 24452 [3].

В разных странах могут применяться различные методы испытаний для определения модуля упругости бетона. Например, в США для определения модуля упругости бетона в сжатом состоянии часто используется метод испытания на сжатие цилиндрических образцов бетона по ASTM C469/C469M-14. А в Британском стандарте BS EN 12390-13:2013 отличается сама процедура испытания на сжатие бетонных образцов. Испытание включает несколько циклов нагружения и выдерживания при определенных уровнях напряжения. Важным этапом является контроль деформаций вдоль измерительных линий и проверка их соответствия установленным критериям. После выполнения всех циклов нагрузки определяется прочность образца на сжатие.

По результатам этого обзора видно, что с развитием научных исследований [1-5] одновременно происходила эволюция как наших нормативных документов, так и зарубежных, однако в настоящее время даже стандарты на испытания имеют принципиальные отличия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Тамразян А.Г., Аветисян Л.А.* Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов на кратковременную динамическую нагрузку. Строительство: наука и образование. 2013. № 4. С. 2.

2. *Тамразян А.Г., Дехтерев Д.С., Карпов А.Е., Ласковенко А.Г.* Определение расчетных параметров для оценки надежности платформенных стыков панельных зданий. В сборнике: Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия. Под редакцией А.Г. Тамразяна, Д.Г. Копаницы. 2016. С. 413-416.

3. *Тамразян А.Г., Орлова М.А.* Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных изгибаемых элементов с трещинами. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 6 (53). С. 98-105.

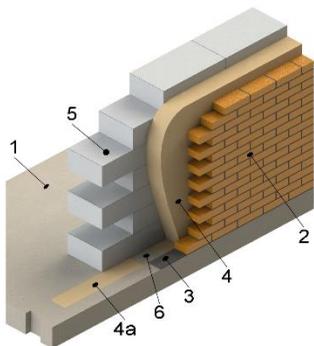
4. *Крылов С.Б., Аренинов П.Д., Калмакова П.С.* Сравнение методов испытаний на модуль упругости бетона по российским и зарубежным нормативным документам. Строительные материалы. 2022. №9. С. 4-9

5. *Тамразян А.Г., Манаенков И.К.* К расчету изгибаемых железобетонных элементов с косвенным армированием сжатой зоны. Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 41-44.

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЛИЦОВОЧНОЙ КЛАДКИ ПО ДАНЫМ РАСЧЁТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В УЗЛЕ «КЛАДКА-ПЛИТА»

Трехслойные наружные стены зданий является часто используемыми в современном строительстве для жилых и общественных многоэтажных зданий. Стена состоит из облицовочного кирпича или камня, утеплителя в виде минераловатной плиты, проходящей, в том числе, сквозь перекрытия через пустоты в виде термовкладышей и внутреннего слоя в виде кладки из газосиликатных блоков с опиранием всех слоев на железобетонное перекрытие (см. рис.1).

Распределение температур в узле сопряжения наружной стены и плиты перекрытия является важным фактором при расчете его напряженного состояния. Изменение температуры по толщине облицовочной кладки существенно влияет на напряженное состояние. Наличие в плите чередующихся термовкладышей и перемычек оказывает существенное влияние на распределение температур в плите, что в свою очередь отражается на напряженном состоянии облицовочного слоя из каменной кладки.



- 1) железобетонная плита;
- 2) кирпичная кладка;
- 3) растворный шов;
- 4) минеральная вата;
- 4а) термовкладыш;
- 5) кладка из газосиликатных блоков;
- 6) перемычка в плите.

Рис.1. Трехслойная наружная стена

Для исследования напряженного состояния созданы несколько расчетных моделей в Вычислительном комплексе ЛИРА-САПР. Моделирование температурных нагрузок проводилось в два этапа: сначала выполнялся теплотехнический расчёт для моделирования реального распределения температур в узле при стационарных условиях, затем результаты теплотехнического расчёта (см. рис.2) передавались модели для расчёта напряженного состояния.

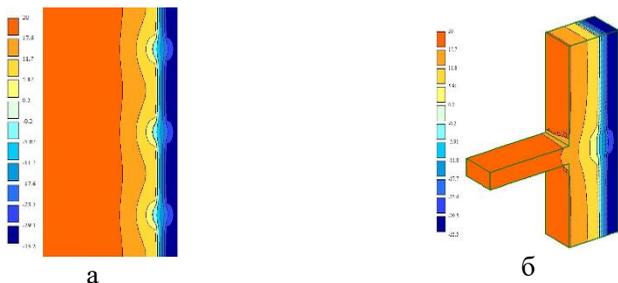


Рис. 2. Распределение температуры в узле (изотермы):
а) в плите; б) сечение по узлу вблизи термовкладыша.

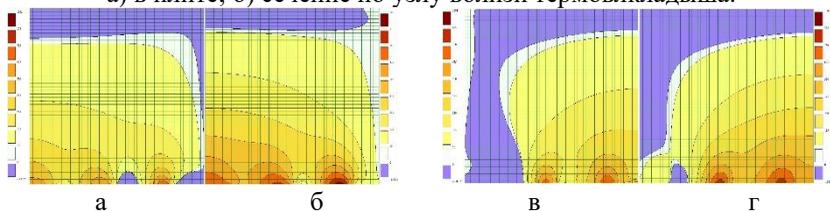
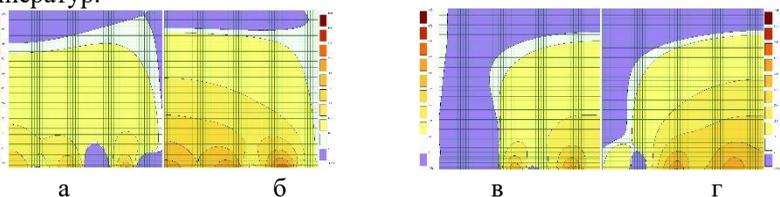


Рис. 3. Горизонтальные напряжения в облицовочной кладке, при $\alpha_t=6,5 \cdot 10^{-6}$:

- а) на внутренней поверхности кладки с учетом распределения температур;
- б) на внутренней поверхности кладки без учета распределения температур;
- в) на наружной поверхности кладки с учетом распределения температур;
- г) на наружной поверхности кладки без учета распределения температур.



- Рис. 4. Горизонтальные напряжения в облицовочной кладке, при $\alpha_t=5 \cdot 10^{-6}$
- а) на внутренней поверхности кладки с учетом распределения температур;
 - б) на внутренней поверхности кладки без учета распределения температур;
 - в) на наружной поверхности кладки с учетом распределения температур;
 - г) на наружной поверхности кладки без учета распределения температур.

Другая серия расчётов термонапряженного состояния заключалась в задании неизменной температуры $\Delta t = \text{const}$ к срединной поверхности облицовки и краю железобетонной плиты перекрытия (см. Рис.3 и 4).

При снижении прочности нижнего растворного шва наблюдается устойчивая тенденция к снижению нормальных горизонтальных растягивающих напряжений. Из рис. 3 и 4 заметно неравномерное распределение по длине стены горизонтальных напряжений (в частности, растягивающих при отрицательных температурах).

Напряженное-деформированное состояние элементов узла сопряжения зависит от коэффициентов линейного температурного расширения (КЛТР) [1-5]. У кирпичной кладки согласно он равен $\alpha_t=6,5 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$. В работе [1] КЛТР получен равным $\alpha_t=6,6 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$, в [3] изменяется от 4 до 8 ($\cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$). В рамках исследования смоделированы расчетные ситуации с $\alpha_t=5 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ и с $\alpha_t=6,5 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$.

На показанных на Рис 3 и 4 изобарах по плоскости поверхностей облицовки (на рисунках изобары показаны с учётом оси симметрии, расположенной справа от изображения) горизонтальных нормальных растягивающих напряжений заметно существенное различие напряженного поля в кладке при разных КЛТР. В частности, напряжения при являются бóльшими при $\alpha_t=6,5 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ чем при $\alpha_t=5 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$. Отсюда можно сделать вывод о необходимости при выполнении проектных работ указывать конкретный КЛТР для облицовочной кладки, влияющий в конечном итоге на длину температурного блока облицовки. Для этого необходимо провести исследования КЛТР для различных облицовочных кладок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ищук М.К.* Прочность и трещиностойкость каменной кладки наружных многослойных стен: дис. ... докт. техн. наук: 05.23.01 / Ищук Михаил Карпович. – М., 2019. – 302 с.
2. *Тамразян А.Г., Аветисян Л.А.* Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов на кратковременную динамическую нагрузку. Строительство: наука и образование. 2013. № 4. С. 2.
3. *Тамразян А.Г., Дехтерев Д.С., Карпов А.Е., Ласковенко А.Г.* Определение расчетных параметров для оценки надежности платформенных стыков панельных зданий. В сборнике: Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия. Под редакцией А.Г. Тамразяна, Д.Г. Копаницы. 2016. С. 413-416.
4. *Тамразян А.Г., Орлова М.А.* Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных изгибаемых элементов с трещинами. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 6 (53). С. 98-105.
5. *Тамразян А.Г., Манаенков И.К.* К расчету изгибаемых железобетонных элементов с косвенным армированием сжатой зоны. Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 41-44.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ БЕТОНОВ

Развитие новых технологий при изготовлении различных видов железобетонных конструкций основано на критериях качества, энергоэффективности и долговечности зданий и сооружений. Для их обеспечения конструкции должны обладать необходимой прочностью. Так, например, рассмотрим трехслойные стеновые панели, прочность которых зависит от свойств используемых материалов и конструктивного решения панели (рис.1). Как правило, стеновая панель представляет слоистую конструкцию из бетона и утепляющего слоя.

Таблица 1

Теплофизические характеристики трехслойной стеновой панели с различным утепляющим слоем [1]

Теплоизоляционный слой			Сопrotивление теплопередаче, ($m^2 \cdot ^\circ C$) / Вт			
Плотность, кг / м ³	Теплопроводность, Вт / (м ² · °С)		Теплоизоляция слоя		Теплоизоляция панели	
	Сухой	Влажный	Сухой	Влажный	Сухой	Влажный
1. Плиты из полистирольного пенопласта						
25	0,04	0,057	4,25	2,98	4,75	3,39
2. Полистиролбетон						
400	0,085	0,11	2,0	1,55	2,5	1,96
3. Плиты из автоклавного ячеистого бетона						
200	0,055	0,077	3,09	2,21	3,59	2,62

Примечание: Показатель «влажный» учитывается при влажности воздуха в помещении 75% и выше.

Особый интерес для изготовления многослойных сборных панелей из конструкционных бетонов, в качестве слоя утеплителя, имеет полистиролбетон. Он обладает низким водопоглощением и теплопроводностью. При его включении в многослойную панель, конструкция начинает показывать отличную работу как ограждающая конструкция при условии обеспечения совместной работы слоев. Благодаря своей технологичности и энергоэффективности, показанными во время испытаний панелей различного наполнения, полистиролбетон

может являться перспективным материалом для использования его в качестве среднего слоя различных стеновых конструкций (рис.2).



Рис. 1. Многослойная железобетонная стеновая панель

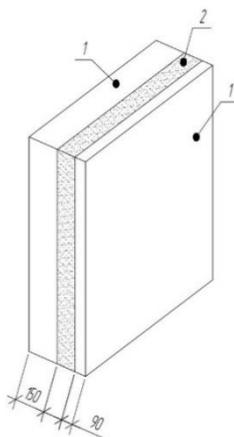


Рис. 2. Конструктивное решение стенового блока
(1 – керамзитобетон, 2 – полистиролбетон)

Ранее было проведено множество экспериментальных исследований [2], разработаны концепции живучести [3], нормативные документы [4]. Теоретические исследования прочности сводятся к нескольким теориям работы бетона с течением времени, описанным в [5].

Общие подходы к оценке прочности многослойной панели должны опираться на прочность утепляющего слоя, так как у него она будет ниже, чем у керамзитобетонного слоя [6].

Исходя из соотношений прочностных или деформативных характеристик слоёв, в зависимости от напряжённого состояния, а так же условий работы конструкции, при отсутствии сдвиговых усилий в процессе деформирования по толщине сечения, допускается определять расчет трехслойных элементов как монолитных конструкций по [7].

Наиболее распространенным оказался метод приведения неоднородного сечения к расчетному сечению в виде тавра или двутавра. Или, например, при расчёте многослойных конструкций с низким модулем сдвига слоёв возможно использование теории составных стержней. Совместная работа бетонов различной прочности в многослойных конструкциях обеспечивается перераспределением нагрузок между слоями [8]. Это является важным критерием

долговечности таких конструкций при эксплуатации зданий и сооружений.

Вывод. Таким образом, наличие материала низкой прочности в среднем слое является причиной повышенной деформативности трехслойных железобетонных элементов по сравнению с однослойными. Из этого следует, что исследование прочностных характеристик трехслойных панелей, необходимо выполнять с учетом монолитности всех слоев. Тогда расчет будет являться наиболее верным, чем если прибегать к анализу отдельных характеристик составляющих материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Курбатов В.Л.* Энергосберегающие многослойные бетонные и железобетонные стеновые конструкции. Дисс. Канд.техн.наук. 2000. 225 с.
2. *Дорожкова И.А.* Прочность, деформации и трещиностойкость трёхслойных железобетонных элементов при косом изгибе. Дисс. Канд.техн.наук. 1990. 263 с.
3. *Тамразян А.Г.* Концептуальные подходы к оценке живучести строительных конструкций, зданий и сооружений. *Железобетонные конструкции.* 2023;3(3):62-74. <https://doi.org/10.22227/2949-1622.2023.3.62-74>
4. *Тамразян А.Г., Аветисян Л.А.* Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов на кратковременную динамическую нагрузку. Строительство: наука и образование. 2013. № 4. С. 2.
5. *Король Е.А., Берлинова М.Н.* Развитие методов расчета многослойных ограждающих конструкций с монолитной связью слоев. Монография. Москва, Издательство МИСИ – МГСУ. 2019.- 78 с.
6. ГОСТ Р 51263 — 2012. Полистиролбетон. Технические условия.
7. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.
8. Рекомендации по расчёту и проектированию ограждающих конструкций с применением монолитного теплоизоляционного полистиролбетона с высокопоризованной и пластифицированной матрицей. – Москва, 2006.

АНАЛИЗ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Сейсмическая активность представляет крайне серьезную угрозу для несущей системы зданий и, что более важно, человеческой жизни, поэтому необходимо принятие ряда мер для обеспечения безопасности зданий в зонах большой сейсмической активности. Принятие окончательного проектного решения исходя из интенсивности сейсмических воздействий определенного местоположения является важной задачей в инженерной практике и основывается на правилах проектирования [1].

Актуальность анализа проектных решений обусловлена следующими факторами:

Во-первых, возможность использовать данные о том, что ранее было известно об опасности сейсмических явлений и угроз, которые они создают.

Во-вторых, необходимость создавать и развивать новые методы проектирования позволяет возводить более безопасные здания, уменьшая таким образом возможные риски и расходы на восстановление разрушенных сооружений.

Существуют различные методы для определения оптимального проектного решения железобетонных зданий. Основным методом является сейсмический расчет, по результатам которого можно определить уровень устойчивости и безопасности здания [2, 3]. Сейсмический расчет дает возможность определить параметры, необходимые для проектирования зданий, которые должны удовлетворять нормативным требованиям при сейсмических нагрузках, позволяет оценить вероятность повреждений и разрушений конструктивных элементов и таким образом выявить уязвимые места в здании и предложить мероприятия по их укреплению.

Развитие технологий открывает с каждым днем новые возможности во многих сферах деятельности. Новыми возможностями пользуются и в строительстве, где необходимо оценивать сейсмическую устойчивость зданий путем исследования его поведения в разных сейсмических условиях с помощью численного моделирования.

При данном методе моделируется здание с использованием математических алгоритмов, учитывающие геометрические особенности и механические свойства материалов, используемых в

здании и на основе вот этого всего проводится расчет сейсмических сил, которые могут возникнуть в здании в случае землетрясения. Создается компьютерная модель здания, которая потом подвергается сейсмическим нагрузкам, заданные в соответствии с условиями той зоны где предполагается строительство проектируемого здания и таким образом предсказать возможные последствия разных сейсмических событий и выявить также как и при сейсмическом расчете уязвимые места здания.

На основе полученных различными методами результатов соответственно различаются подходы для увеличения сейсмостойкости зданий. Одним из самых популярных подходов является система сейсмической изоляции – это метод повышения сейсмостойкости здания, с целью выдержать землетрясение без полного разрушения и минимальных человеческих потерь, с помощью применения специальных конструкций [4]. Данный метод включает в себя использование специальных конструкций называемые термическими изоляторами, которые непосредственно размещаются между основной структурой железобетонного здания и его фундаментом. Таким образом зданию будет позволено свободное движение как единое целое во время землетрясения, что снижает сейсмические силы, возникающие в здании.

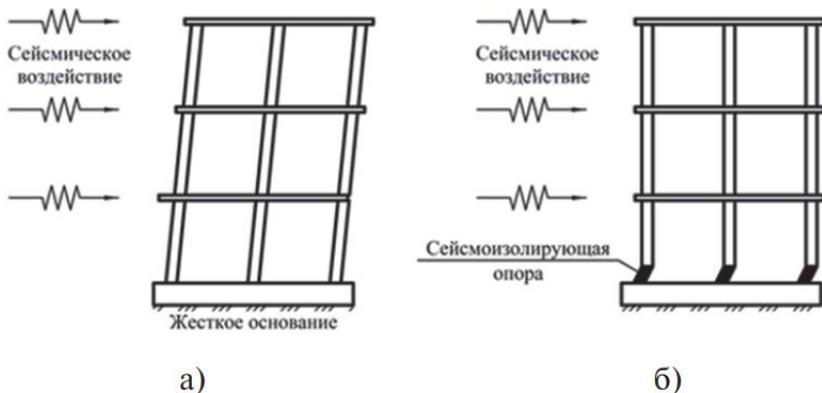


Рис. 1. Деформационная схема здания. а – без сейсмических изоляторов; б – с термическими изоляторами

Эквадор, откуда я родом, является страной с очень большой сейсмической активностью. Это объясняет актуальность исследования методов безопасного строительства в подобных условиях. Большая сейсмическая активность в Эквадоре объясняется тем, что там из-за соприкосновения между плитами Наска и Южноамериканской, возникают значительные силы на границах этих плит, что приводит к

образованию больших трещин внутри них, что непосредственно заканчивается случаями землетрясения [5].

В Эквадоре после случая сильного землетрясения в 2016 году магнитудой 7,8 по шкале Рихтера и в результате которого погибли 673 человека, стали подходить к данной тематике более серьезно, тем более к темам технического надзора во время строительства различных сооружений, потому что выяснилось что строительство зданий, которые из-за землетрясения разрушились, проводилось не всегда в соответствии с документом, регламентирующим строительную деятельность на территории Эквадора на основе международных стандартов с учетом локальных сейсмических и прочих условий, оказывающих влияние на проектирование, расчет и строительство зданий и сооружений.

Вывод. В результате анализа методов проектирования железобетонных зданий и сооружений исходя из уровня сейсмических воздействий, которым эти здания могут подвергаться в период эксплуатации, выявлено, что правильно принятое проектное решение конечно не избавит здание от возможных перемещений и деформаций во время землетрясения и после него, но точно избавит здание от полного разрушения, что в итоге скажется на сохранении человеческих жизней. В этом и заключается важность увеличения сейсмостойкости зданий и сооружений различными методами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 14.13330.2018. «Строительство в сейсмических районах». Актуализированная редакция СНиП II 7-81*.
2. *Жарницкий В.И., Голда Ю.Л., Курнавина С.О.* Оценка сейсмостойкости здания и повреждений его конструкций на основе динамического расчета с учетом упругопластических деформаций материалов. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 1999. №4. С.7-8.
3. *Мкртычев О.В., Решетов А.А.* Обеспечение сейсмостойкости железобетонных зданий. *Железобетонные конструкции*. 2024; 5(1):57-67. <https://doi.org/10.22227/2949-1622.2024.1.57-67>
4. *Алитур М., Гусман Курай Ф.Р., Абу Махади М.И.* Система сейсмической изоляции и сейсмические демпферы – Системные технологии. 2009. № 31. С. 58-63.
5. *Francisco R., Monica S., Alexandra A., Jose E., Liliana T., Sandro V., Hugo Y.* Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador. Corporación Editora Nacional. 2007.
6. *Тамразян А.Г., Аветисян Л.А.* Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов на кратковременную динамическую нагрузку. Строительство: наука и образование. 2013. № 4. С. 2.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ФАСАДНЫХ КРОНШТЕЙНОВ В ОБЪЕМНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Данная статья посвящена исследованию фасадных кронштейнов с использованием программного комплекса SolidWorks.

Цифровые технологии в настоящее время оптимизируют все этапы жизненного цикла здания, в том числе - проектирование и строительство. Программный комплекс SolidWorks позволяет создавать объемные модели конструкций и проводить статические и динамические исследования изделий, а также проводить проверку на потерю устойчивости, термическое воздействие и на усталость.

Рассмотрим нелинейный метод исследования в программном комплексе SolidWorks на примере фасадного кронштейна для светопрозрачных конструкций и проведем верификацию на основе натуральных испытаний.

Расчетный модуль SolidWorks выполняет исследования на основе метода конечных элементов, с учетом граничных условий элементов. В программном комплексе имеется готовая библиотека материалов с их характеристиками (модуль упругости, прочность, теплопроводность, предел текучести и т.д.), что позволяет проводить более точные исследования и осуществлять подбор материалов в зависимости от требуемых прочностных характеристик изделия.

Перед проведением нелинейного исследования необходимо задать нагрузки и граничные условия кронштейна, указать материал и условия закрепления кронштейна (см. Рис.1). В данном случае заданы расчетные нагрузки от веса светопрозрачной конструкции и ветрового воздействия.

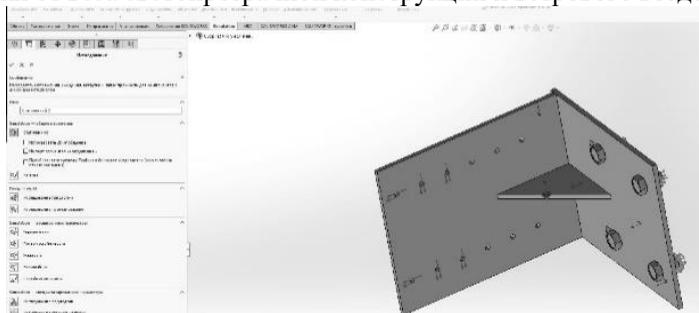


Рис. 1. Объемная модель кронштейна в программном комплексе SolidWorks с заданными исходными данными.

В результате нелинейного исследования программный комплекс SolidWorks выдает результат анализа, который показывает напряжения

(см. Рис. 2), перемещения (см. Рис. 3) и деформации, возникающие в объемной модели, на каждом этапе нагружения.

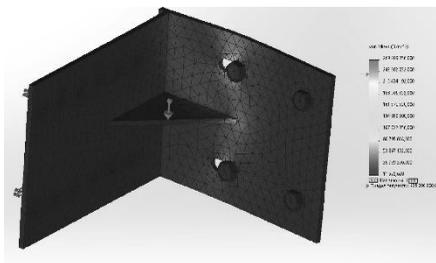


Рис. 2. Эпюра напряжений фасадного кронштейна.

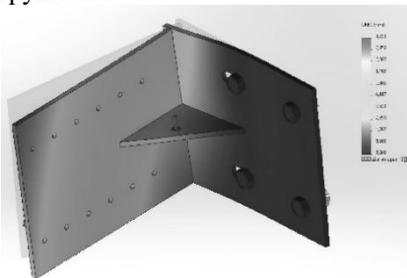


Рис. 3. Эпюра перемещений фасадного кронштейна.

По результатам исследования можно определить места возникновения наибольших напряжений, что позволяет при необходимости изменить геометрические характеристики изделия.

Для сравнения выполнен расчет с заданным способом нагружения, соответствующим испытаниям кронштейнов, проведенным в рамках работ в Лаборатории надежности фасадов ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко [3]. Перемещения фиксировались в трех точках индикаторами часового типа (ИЧ-1, ИЧ-2, ИЧ-3), см. Рис. 4, 5.



Рис. 4. Общий вид кронштейна в процессе проведения испытаний.

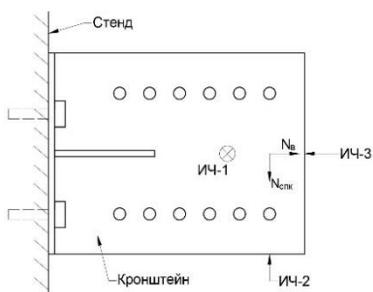


Рис. 5. Схема нагружения кронштейна и расстановки индикаторов часового типа (ИЧ-1, ИЧ-2, ИЧ-3).

По результатам расчета и лабораторных испытаний приведен график перемещений (см. Рис. 6).

Различие значений перемещений по результатам расчетов и испытаний составляет 9,8-11,8% для индикаторов ИЧ-1 и ИЧ-2, и 27,3% для индикатора ИЧ-3.

Таким образом можно сделать вывод, что расчеты с применением программных комплексов позволяют предварительно определить места возникновения наибольших напряжений и деформаций изделий, что может являться полезным инструментом при проектировании.

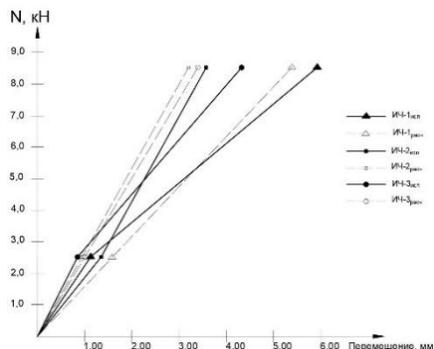


Рис. 6. График перемещений по результатам расчета и лабораторных испытаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Тамразян А.Г., Дехтерев Д.С., Карпов А.Е., Ласковенко А.Г. Определение расчетных параметров для оценки надежности платформенных стыков панельных зданий. В сборнике: Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия. Под редакцией А.Г. Тамразяна, Д.Г. Копаницы. 2016. С. 413-416.
2. Тамразян А.Г., Орлова М.А. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных изгибаемых элементов с трещинами. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 6 (53). С. 98-105.
3. Тамразян А.Г., Манаенков И.К. К расчету изгибаемых железобетонных элементов с косвенным армированием сжатой зоны. Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 41-44.
4. Тамразян А.Г. Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов при динамическом нагружении в условиях огневых воздействий. Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 29-35.
5. Tamrazyan A., Alekseytsev A. Evolutionary optimization of reinforced concrete beams, taking into account design reliability, safety and risks during the emergency loss of supports. В сборнике: E3S Web of Conferences. 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. 2019. С. 04005.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК РАСЧЁТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО СООРУЖЕНИЯ НА ДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ В КВАЗИСТАТИЧЕСКОЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ ПОСТАНОВКЕ

На данный момент в нормах проектирования для учета действия ударной волны реализованы методики, основанные на статическом расчете [0]. Так в нормах [6] предлагается расчет на квазистатическую нагрузку.

В то же время в работах [1], [2], [3] приводятся законы, описывающие характер приложения нагрузки от ударной волны к строительным конструкциям во времени. Величина перепада давления воздушного взрыва во фронте ударной волны ΔP_{ϕ} , МПа равна:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{0,084\sqrt{C}}{R} + \frac{0,27^3\sqrt{C^2}}{R^2} + \frac{0,7C}{R^3},$$

где C – масса взрывчатого вещества в кг, R – расстояние до центра взрыва в м. Продолжительность фазы сжатия, с:

$$\tau_{+} = 0,0015^6\sqrt{C}\sqrt{R}$$

Скорость распространения фронта волны ударной волны, м/с:

$$D_{\phi} = 340 \sqrt{1 + 8,3\Delta P_{\phi}}$$

Во времени давление в ударной волне изменяется по закону:

$$\Delta P(t) = \Delta P_{\phi} \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)^n, \text{ где } n = 1 + \Delta P_{\phi}^{2/3}$$

В [1], [2], [3] предлагается использовать линейную зависимость изменения давления:

$$\Delta P(t) = \Delta P_{\phi} \left(1 - \frac{t}{\theta}\right),$$

где $\theta = \tau_{+}/2n + 1$ – эффективная продолжительность фазы сжатия, определяемая из условия равенства импульсов давлений, изменяющихся по 2 приведённым выше законам. Максимальное давление отражения на переднюю плоскую стенку определяется по формуле:

$$\Delta P_{\text{отр}} = 2\Delta P_{\phi} + 6\Delta P_{\phi}^2 / (\Delta P_{\phi} + 0,72)$$

Давление на переднюю стенку линейно снижается до $\Delta P_{\text{обт}}$ к моменту установления режима обтекания в момент времени $t_{\text{обт}}$, а затем снижается до 0 МПа к моменту времени θ . При этом:

$$\Delta P_{\text{обт}} = \Delta P_{\phi} + 2,5\Delta P_{\phi}^2 / (\Delta P_{\phi} + 0,72), \text{ где } t_{\text{обт}} = 3H^*/D_{\phi}$$

где H^* – меньшая из 2 величин: высоты здания h или половины ширины фронтальной стены b . Давление на боковые стены и кровлю

такое же как в проходящей волне. Давление на тыльную стену начинает возрастать в момент времени $t_{бок}$, достигает своего максимального значения ΔP_{ϕ} в момент времени $t_{тыл}$, при этом:

$$t_{тыл} = 4H^*/D_{\phi}; t_{бок} = l/D_{\phi}$$

Был произведен расчёт железобетонного сооружения, имеющего прямоугольную форму в плане, с размерами $b = 12$ м на $l = 30$ м, высотой 4 м на действие воздушной ударной волны квазистатическим методом по методике [6] и динамический расчёт во временной области методом разложения по собственным формам, реализованным в программном комплексе СтаДиКон с применением высокоточных конечных элементов на основе теории толстых плит Миндлина-Рейсснера, описание которых содержится в [5]. Рассчитываемое сооружение имеет сетку колонн 6 м на 6 м, сплошной контур наружных стен и перекрытие по балкам.

Принимается величина перепада давления во фронте ударной волны ΔP_{ϕ} равной 100 кПа и соответствующая ей мощность взрыва и расстояния до центра взрыва. В таблице 1 приведено сравнение результатов расчёта квазистатическим методом и методом разложения по собственным формам.

Таблица 1

Сравнение результатов расчета

Наименование параметра	Метод из [6]	Разложение по собственным формам	Невязка, %
Прогиб плиты, мм	10.87	10.5	3.40
Усилия в колоннах:			
- продольная сила, кН	6372	6499	-1.99
- момент M_y , кНм	103.2	213.63	-107.01
- изгибающий момент M_x , кНм	87.7	117.24	-33.68
- поперечная сила, кН	36.98	90.5	-144.73
Усилия в балках:			
- момент в пролёте, кНм	87.1	82.63	5.13
- момент на опоре, кНм	382.6	352.7	7.81
- поперечная сила, кН	860.1	843.5	1.93
Усилия в плитах:			
- момент M_x на опоре, кНм	1206.9	1219.5	-1.04
- момент M_x в пролете, кНм	369.9	383.8	-3.76
- момент M_y на опоре, кНм	1237.8	1275.8	-3.07
- момент M_y в пролете, кНм	333.8	338.6	-1.44

Из анализа результатов расчёта видно, что метод разложения по собственным формам и квазистатический метод из [6] в целом дают хорошую сходимость. Однако получена значительная разница значений изгибающих моментов и поперечных сил в колоннах.

Усилия, определённые путём динамического расчёта, в целом превышают аналогичные усилия, определённые с применением подхода из [6], кроме поперечной силы и изгибающих моментов в балках.

Таким образом, на основе сопоставления результатов расчёта можно сказать, что метод разложения по собственным формам и квазистатический метод из [6] взаимодополняют друг друга. На практике возможно применение обоих методов одновременно для нахождения усилий в конструктивных элементах и учёта наихудших усилий для расчета прочности сечений конструктивных элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Барштейн М.Ф., Бородачев Н.М., Блюмина Л.Х.* Динамический расчет сооружений на специальные воздействия. М.: Стройиздат, 1981. 215 с.

2. *Бирбраер А.Н., Роледер А.Ю.* Экстремальные воздействия на сооружения. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. 594 с.

3. *Н.Н. Попов, Б.С. Расторгуев, А.В. Забегаев* Расчет конструкций на динамические и специальные нагрузки. М.: Высш. шк., 1992 – 319 с.

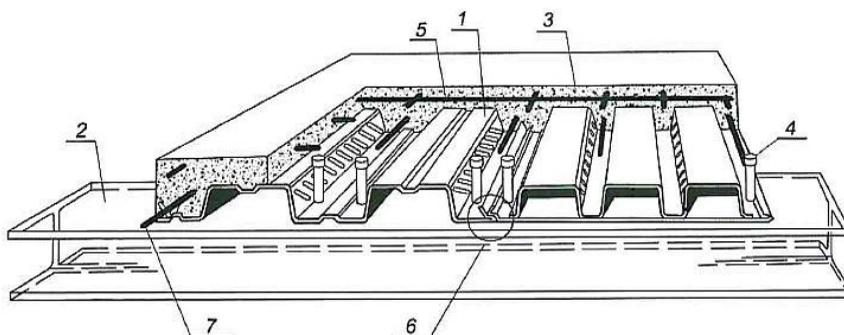
4. *Савенков А.Ю.* Расчет подземных железобетонных сооружений на аварийные воздействия в нелинейной динамической постановке: Дисс. канд. техн. наук: 2.1.9/ Савенков А.Ю. – Москва 2023 – 143 с.

5. *Семенов В.А., Семенов П.Ю.* Конечные элементы повышенной точности и их использование в программных комплексах MicroFE// Жилищное строительство. – 1998. – №9. – С. 18-22.

6. СП 88.13330.2022 «СНиП II-01-77* Защитные сооружения гражданской обороны»

К РАСЧЕТУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ ПО ПРОФИЛИРОВАННОМУ НАСТИЛУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

В настоящее время чаще стали использоваться монолитные конструкции вместо сборного железобетона. Одними из основных причин являются более низкая стоимость и возможность придания конструкции любой формы. Одни из самых популярных видов монолитных перекрытий – железобетонные перекрытия по профилированному настилу. В таких конструкциях профилированный настил выполняет функции несъемной опалубки на стадии изготовления и внешней рабочей арматуры с гибкими стержнями на стадии эксплуатации [1].



- 1 – стальной профилированный настил с рифлеными стенками гофров; 2 – элемент балочной клетки; 3 – монолитный бетон плиты; 4 – стержневой анкер; 5 – сетка противоусадочного армирования; 6 – соединение гофрированных профилей между собой; 7 – рабочая арматура

Рис. 1. Железобетонная плита по стальному профилированному настилу

В нормативных документах приводится порядок расчета по предельным усилиям первой и второй групп. При этом применение деформационной модели к расчету перекрытий по профилированному настилу является наиболее перспективным [2].

Нелинейная деформационная модель – диаграммный метод расчета железобетонных элементов. В модели учитывается физическая нелинейности железобетонных конструкций за счет использования

диаграмм, которые устанавливают связь напряжений и деформаций наиболее приближенно к реальной работе конструкций [3-5].

Условно, деформационные модели можно разделить на основные (криволинейные) и расчетные (линеаризованные) [6, 7]. Основные наиболее точно отражают взаимосвязь напряжений и деформаций в бетоне (Рис. 2). Расчетные используются для упрощения расчетов (Рис. 3, Рис. 4).

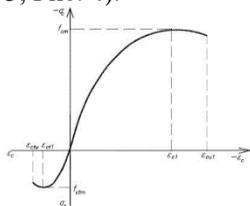


Рис. 2.
Криволинейная
диаграмма
деформирования
бетона

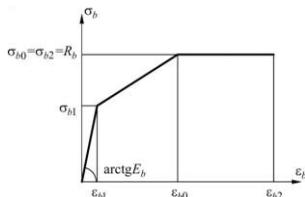


Рис. 3. Трехлинейная
диаграмма состояния
сжатого бетона

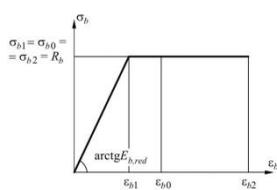


Рис. 4. Двухлинейная
диаграмма состояния
сжатого бетона

Методика расчета по деформационной модели основывается на уравнениях равновесия внешних сил и внутренних усилий в сечении элемента, также учитывается гипотеза плоских сечений: распределение относительных деформаций бетона и арматуры по высоте сечения элемента принимается по линейному закону.

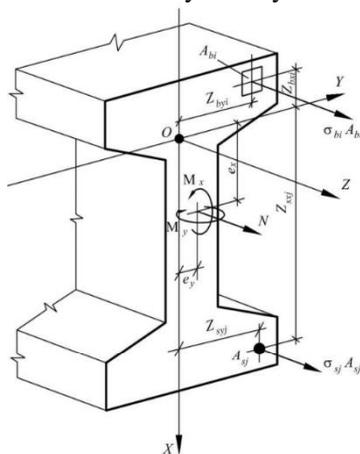


Рис. 5. Расчетная схема нормального сечения железобетонного
элемента

В основу деформационной модели положен принцип разбиения нормального сечения конструкции на множество участков: при косом внецентренном сжатии (растяжении) и косом изгибе – по высоте и ширине сечения; при внецентренном сжатии (растяжении) и изгибе в плоскости оси симметрии поперечного сечения элемента – только по высоте сечения. Напряжения в пределах малых участков принимают равномерно распределенными (усредненными).

Таким образом, можно сформировать задачи для дальнейшего исследования:

Необходимо изучить работы по расчетам перекрытий по профилированному настилу отечественных авторов.

Провести расчет данных исследований по нелинейной деформационной модели.

Сравнить и проанализировать полученные результаты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Манаенков И.К.* К расчету железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели // Технология текстильной промышленности, 2019. №5. С. 238-242.

2. *Тамразян А.Г., Черник В.И.* Диаграмма деформирования бетона, ограниченного дискретной композитной облойкой // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 8. С. 43-53.

3. *Манаенков И.К.* К совершенствованию диаграммы сжатого бетона с косвенным армированием // Строительство и реконструкция, 2018. №2. С. 41-50.

4. *Манаенков И.К.* К расчету кривизны железобетонных балок на основе деформационной модели // Строительство и реконструкция. 2019. № 6 (86). С. 19-28.

5. *Тамразян А.Г., Манаенков И.К.* К расчету плоских железобетонных перекрытий с учетом фактической жесткости сечения. // Научное обозрение. 2015. № 8. С. 87-92.

6. *Ургалкина Д.А.* Применение деформационной модели к расчету железобетонных перекрытий по стальному профилированному листу // Мировая наука. 2019. №6 (27).

7. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.

8. СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования.

*Студент магистратур 1 года обучения 1 группы ИПГС Ступак М.И.
Студент магистратуры 1 года обучения 1 группы ИПГС Маньков Д.К.
Научный руководитель - доц., канд. техн. наук, доц. С.Ю. Савин*

КРИТЕРИИ ЖИВУЧЕСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КАРКАСОВ ЗДАНИЙ ПРИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ, ВЫЗВАННЫХ ОТКАЗОМ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Проблема возникновения в здании аварийной ситуации, приводящей к отказу несущего элемента или разрушению конструкции, не теряет своей актуальности. Аварии объектов приводят к экономическим и человеческим потерям.

Одни из самых частых причин возникновения аварийных ситуаций являются: проектные, технологические, монтажные или эксплуатационные ошибки, а так же особые случаи, непредусмотренные нормативной документацией. Именно поэтому интерес к изучению такого понятия как живучесть железобетонного каркаса здания только растет.

Под живучестью принимают способность конструктивных систем зданий сохранять работоспособность при возникновении локальных отказов несущих элементов.

Согласно СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения», для элементов вторичной расчетной схемы здания должно выполняться условие:

$$F \leq S,$$

где: F – расчетное усилие в элементах и их соединениях;

S – несущая способность элементов.

В качестве критериев наступления особого предельного состояния также устанавливаются предельные значения деформаций в краевых волокнах сечений, предельные прогибы, предельные углы поворотов в пластических шарнирах.

Рассмотрим применение данных критериев для особого предельного состояния для оценки живучести конструктивной системы здания Филармонии.

Чтобы изучить данный вопрос была создана расчетная модель второго блока конструкции пристройки Белгородской государственной филармонии в программном комплексе ЛИРА САПР.

Расчетная модель созданная из физической модели представлена в виде железобетонных дисков перекрытия, стержневых колонн и несущих стен с жестким соединением. Класс бетона для всех конструкций используется В25, класс продольной арматуры А400, поперечной А240. Расчет был выполнен в соответствии с требованиями СП 20.13330.2016

«Нагрузки и воздействия», задан собственный вес конструкций, полов и кровли, кратковременные и снеговые нагрузки. Был проведен расчет отказа одной из несущих колонн объекта в осях 4/Вб в самом неблагоприятном случае, при полном загрузении здания.

Расчет выполнялся при помощи функции монтаж (возведение) и демонтаж с приложением обратной реакции от удаленной колонны.

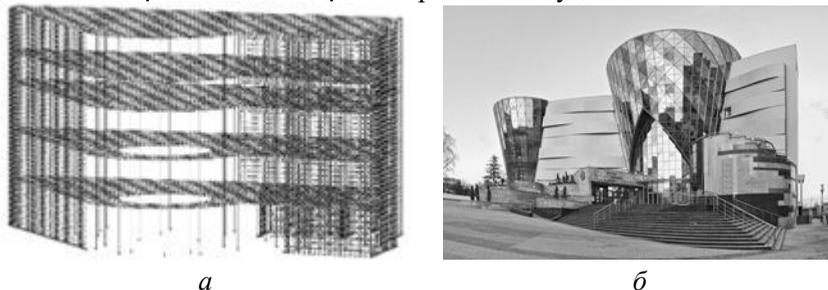


Рис. 1. Рассматриваемое здание:
 а) Расчетная модель второго блока конструкций пристройки Белгородской государственной филармонии,
 б) Белгородская государственная филармония

Получившиеся результаты изменения прогибов и моментов близлежащих к удаляемому несущему элементу колонн приведены на рисунках 2 и 3.

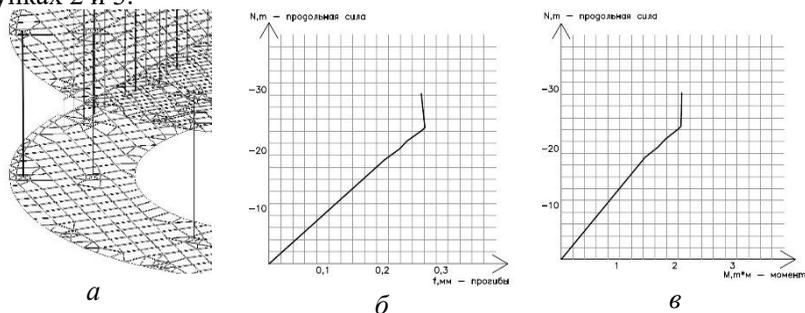


Рис. 2. Близлежащая колонна (элемент 91) к удаленному из работы элементу:
 а) Расположение элемента 91,
 б) График зависимости прогиба элемента 91 от поперечной силы,
 в) График зависимости изгибающего момента элемента 91 от поперечной силы

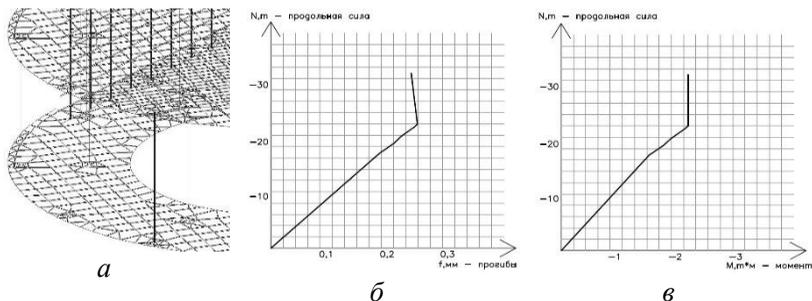


Рис. 3. Близлежащая колонна (элемент 88) к удаленному из работы элементу:

- а) Расположение элемента 88,
- б) График зависимости прогиба элемента 88 от поперечной силы,
- в) График зависимости изгибающего момента элемента 88 от поперечной силы

Из графиков видно, что догружение близлежащих колонн не только практически не изменило их изгибающие моменты, но и уменьшило прогибы этих несущих элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения»;
2. СП 20.13330.206 «Нагрузки и воздействия»;
3. СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции».
4. *Ву Нгок Туен* Исследование живучести железобетонной конструктивнонелинейной равно-стержневой системы каркаса многоэтажного здания в динамической постановке - 2020. - №4 (90). - С. 1-12
5. *Меркулов С.И.*, Живучесть железобетонных конструкций и конструктивных систем - 2015. - №3 - С. 1-4
6. *Ефремян, Д. А., Сидоренко А. Ю.* Живучесть строительных конструкций // Молодой ученый. - 2017. - № 19 (153). - С. 49-51.
7. *Прасолов Н.О.* Живучесть железобетонных равно-стержневых конструкций при внезапной потере устойчивости несущих элементов - 2013. - №77 - С.1-20
8. *Тамразян А.Г., Дехтерев Д.С., Карпов А.Е., Ласковенко А.Г.* Определение расчетных параметров для оценки надежности платформенных стыков панельных зданий. В сборнике: Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия. Под редакцией А.Г. Тамразяна, Д.Г. Копаницы. 2016. С. 413-416.

ДИАГРАММЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СЖАТОГО БЕТОНА ПРИ МАЛОЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ

В реальных условиях эксплуатации большинство конструкций подвержены малоцикловым статическим нагрузкам. Сегодня широко практикуется деформационный расчет железобетонных конструкций, в основу которого положены действительные диаграммы деформирования бетона и арматуры [1,2,3,4]. В связи с этим проведен анализ результатов выполненных ранее исследований поведения бетона при малоцикловом нагружении [5].

В качестве опытных образцов были приняты призмы размером 7х7х28 см. Состав бетона Ц/Ц:В/Ц:П/Ц:Щ/Ц = 1:0,6:2,3:3,2. Расход цемента - 335 кг/м³. Суперпластификатор С-3 в количестве 0,7% от массы цемента.

Методика испытаний образцов-призм в условиях малоциклового нагружения была принята следующей. Перед испытанием призм на малоцикловое нагружение образцы разбивались на три серии. Уровни нагружения: нижний $\eta_{low} = 0,2R_b$ и верхний $\eta_{top} = 0,7R_b$, $\eta_{top} = 0,9R_b$ и $\eta_{top} = 0,95R_b$. План эксперимента представлен в таблице 1.

Таблица 1.

План эксперимента малоциклового нагружения бетона

Серия образцов	Уровень нагружения	Кол-во циклов	Вид нагружения
Пц-1-1,2,3	$\sigma_{min} = 0,2R_b$ $\sigma_{max} = 0,7R_b$	100	Циклическое
Пц-2-1,2,3	$\sigma_{min} = 0,2R_b$ $\sigma_{max} = 0,9R_b$	38	Циклическое
Пц-3-1,2,3	$\sigma_{min} = 0,2R_b$ $\sigma_{max} = 0,95R_b$	13	Циклическое

Верхняя граница микротрещинообразования [6] по опытным данным составила $\eta_{crv}^v = 0,8R_b$.

Характеристики, полученные при испытании бетонных призм при малоцикловом нагружении представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Характеристики бетона после малоциклового нагружения

$\eta_{low} - \eta_{top}$	C, циклы	R _b , МПа	$\frac{R_{bc}}{R_{b0}}$	E _b ·10 ⁻³ , МПа	$\frac{E_{bc}}{E_{b0}}$	$\varepsilon_{b0} \cdot 10^5$	$\frac{\varepsilon_{b0,c}}{\varepsilon_{b0}}$
0,0-1,0	0	23,36	1,0	26,14	1,0	174	1
0,2-0,7	100	22,52	0,964	25,20	0,94	172	0,99
0,2-0,9	38	20,42	0,874	22,85	0,70	144	0,83
0,2-0,95	14	19,29	0,826	16,28	0,623	135	0,78

На основании полученных результатов построены диаграммы работы бетона после малоциклового нагружения перед разрушением или в момент стабилизации деформаций в зависимости от верхнего уровня нагружения без учета и с учетом остаточных деформаций (см. рис. 1,2).

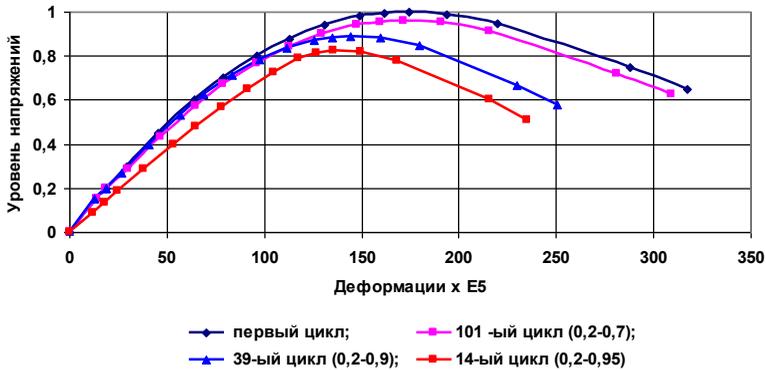


Рис.1. Диаграммы деформирования бетона

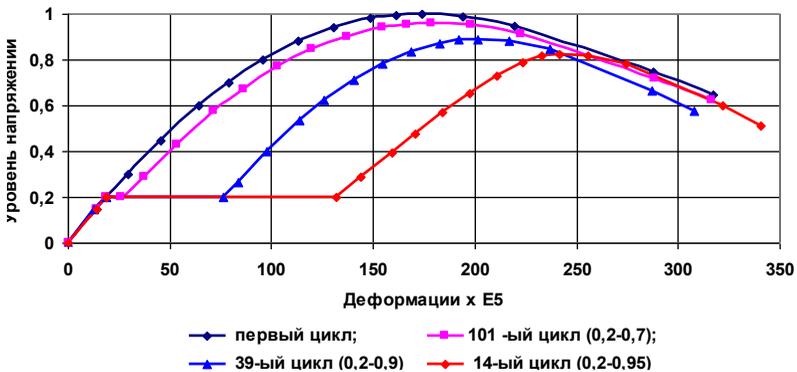


Рис.2. Диаграммы деформирования бетона с учетом остаточных деформаций

Анализ полученных данных показывает, что наибольшее влияние на диаграммы сжатого бетона в условиях малоциклового нагружения оказывает уровень нагружения, превышающий верхнюю границу микротрещинообразования.

Выводы

1. По результатам кратковременного испытания бетонных призм установлены нижняя и верхняя границы микротрещинообразования, которые соответственно составили $\eta_{crc}^0 = 0,4R_b$ и $\eta_{crc}^v = 0,8R_b$.

2. При верхнем уровне нагружения меньше уровня верхнего микротрещинообразования $\eta_{top} \leq \eta_{crc}^v$ снижение прочности составляет 3.6%, модуля упругости - 6%, предельных деформаций - 1%.

3. При верхнем уровне нагружения выше уровня верхнего микротрещинообразования $\eta_{top} > \eta_{crc}^v$ снижение прочности составляет 17%, модуля упругости - 38%, предельных деформаций - 22%.

4. В конце испытаний зафиксированы остаточные деформации: $\varepsilon_{pl} = 7 \cdot 10^{-5}$ (при 0,7), $\varepsilon_{pl} = 57 \cdot 10^{-5}$ (при 0,9), $\varepsilon_{pl} = 113 \cdot 10^{-5}$ (при 0,95).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпенко Н.И., Соколов Б.С., Радайкин О.В. Анализ и совершенствование криволинейных диаграмм деформирования бетона для расчета железобетонных конструкций по деформационной модели // Промышленное и гражданское строительство. № 1–2013. С. 28-30.

2. Карпенко Н.И., Ерышев В.А., Латышева Е.В. К построению диаграмм деформирования бетона повторными нагрузками сжатия при постоянных уровнях напряжений // Строительные материалы. №6 (702). – 2013. С.48-51.

3. Ерышев В.А., Латышева Е.В., Ключников С.В., Седина Н.С. К построению диаграмм циклического нагружения бетона при одноосном сжатии // Известия КГАСУ №1(23). –2013. С.104-108.

4. Ерышев В.А., Гурьянова А.В. К методике описания диаграмм бетона при сложных режимах нагружения // Эксперт: теория и наука. № 5(8). – 2020. С.30-33.

5. Кудрявцев М.В., Истомин А.Д. Экспериментальное исследование прочности и деформативности сжатого бетона при малоцикловом нагружении // Дни студенческой науки. М.: МИСИ–МГСУ, 2021–Режим доступа: <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/>. С.380-382.

6. Истомин А.Д., Беликов Н.А. Зависимость границ микротрещинообразования бетона от его прочности и вида нагруженного состояния // Вестник МГСУ, № 2, Т.1. – 2011. С.159-162.

РАСЧЕТЫ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЕЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Расчет и конструирование закладных деталей является обязательным элементом проектирования, прежде всего сборных железобетонных конструкций. Закладные детали маркируются, показываются на чертежах общего вида, разрабатываются в рамках арматурных чертежей и входят в состав спецификации материалов. На рис. 1 показана схема-классификация, а на рис. 2 представлено конструктивное решение закладных деталей различного вида [1-5].

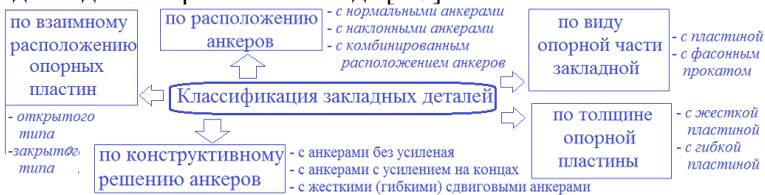


Рис. 1. Классификация закладных деталей

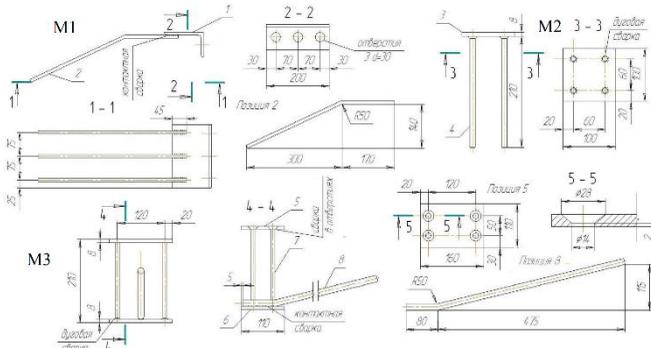


Рис. 2. Конструктивное решение закладных деталей различного вида

На рис. 2 показаны закладные детали с опорным элементом в виде фасонного профиля и наклонными анкерами (M1), с опорной пластиной и нормальными анкерами (M2), а также закладная деталь закрытого типа (M3).

На рис. 3 приведена закладная деталь с металлической пластиной и шестью нормальными анкерами. Перед выполнением расчета должны быть заданы технические характеристики закладной детали. Анкера

закладных деталей рекомендуется принимать $\varnothing 8...25$ мм, класс арматуры анкеров - А400, А500.

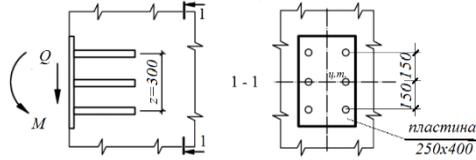


Рис. 3. Схема к расчету закладной детали

На закладную деталь через опорный столик передается усилие от обвязочной балки $Q=60$ кН. Так как ширина поперечного сечения обвязочной балки составляет $0,25$ м, то Q прикладывается с эксцентриситетом $0,125$ м, и возникает изгибающий момент $M = 60 \cdot 0,125 = 7,5$ кНм.

Расчет нормальных анкеров плоской закладной детали выполняется по алгоритму, приведенному в [1]. Предварительно заданы: $d_{an}=12$ мм, классы материалов В30, А400.

$$N_{an} = \frac{M}{z} = \frac{7,5}{0,3} = 25 \text{ кН} \quad Q_{an} = \frac{Q - 0,3 \cdot N_{an}}{n_{an}} = \frac{60 - 0,3 \cdot 25}{2} = \frac{52,5}{2} = 26,25 \text{ кН}$$

$$N_{an,ult} = R_s \cdot A_s = 35 \cdot 10^4 \cdot 2,26 \cdot 10^{-4} = 79,1 \text{ кН}$$

$$Q_{an,ult} = \gamma_{s,sh} \cdot A_{an} \cdot \sqrt{(R_b \cdot R_s)} = 1,65 \cdot 10^4 \cdot 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{(35 \cdot 10^4 \cdot 1,7 \cdot 10^4)} = 43,1 \text{ кН}$$

Условие обеспечения прочность анкеров выполняется:

$$\frac{N_{an}}{N_{an,ult}} + \frac{Q_{an}}{Q_{an,ult}} = \frac{25}{79,1} + \frac{26,25}{43,1} = 0,32 + 0,61 = 0,93 < 1$$

Толщина пластины закладной детали назначается не менее $t=6$ мм, и для приваренных к пластине втавр анкеров $d_{an}=12$ мм толщина пластины дополнительно должна проверяться по формуле:

$$t \geq 0,25 \cdot d_{an} \cdot \frac{R_s}{R_{sq}} = 0,25 \cdot 12 \cdot 1,72 = 5,16 \text{ мм} < 6 \text{ мм}$$

где R_{sq} – расчетное сопротивление стали на срез, для определения которого через R_s вводится понижающий коэффициент $k=0,58$.

В приведенном расчете закладной детали сдвигающее усилие Q и момент M прикладываются в центре тяжести закладной детали, что существенно упрощает расчет. Между тем, нагружение опорной закладной детали может разнообразным.

Коэффициент жесткости C_b определяемым следующим образом $C_b = 0,02 \text{ м}^{-1} \cdot R_b = 290 \text{ кН/м}^3$, где для класса бетона В25 расчетное сопротивление бетона сжатию составляет $R_b = 14500 \text{ кН/м}^2$. Расчет позволяет получить распределение напряжений в анкерах и в пластине закладной детали.

Для стержня анкера $\varnothing 12$ -А400 при длине его анкеровки 100 мм, с учетом модуля упругости арматуры $E_s=200000$ МПа и при коэффициенте $\varphi=0,5$ жесткость анкера определяется по формуле;

$$C = \varphi \cdot \frac{E_s \cdot A_{an}}{h_{ef}} = 0,5 \cdot \frac{20000 \cdot 10^4 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4}}{0,1} = 113000 \text{ кН / м}$$

Последовательность построения расчетной схемы следующая: моделирование пластины; в места расположения анкеров *добавить элемент* (КЭ251); задание *жесткости* для металлической пластины и КЭ251 (одноузловой КЭ односторонней связи); задание жесткости основанию пластины (команда *коэффициенты C1, C2*); приложение нагрузки и последующий расчет. В результате расчета определяются усилия в анкерах закладной детали.

На рис. 4 приведено распределение усилий N (кН) в анкерах закладной детали оголовка колонны, на которую опирается стропильная балка.

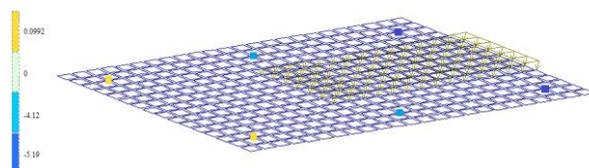


Рис. 4. Распределение усилий N (кН) в анкерах закладной детали

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тамразян А.Г., Орлова М.А. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных изгибаемых элементов с трещинами. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 6 (53). С. 98-105.
2. Тамразян А.Г., Манаенков И.К. К расчету изгибаемых железобетонных элементов с косвенным армированием сжатой зоны. Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 41-44.
3. Малахова А.Н. Армирование железобетонных конструкций. – М., Издательство МИСИ-МГСУ, 2018 –128с.
4. Тамразян А.Г. Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов при динамическом нагружении в условиях огневых воздействий. Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 29-35.
5. Tamrazyan A., Alekseytsev A. Evolutionary optimization of reinforced concrete beams, taking into account design reliability, safety and risks during the emergency loss of supports. В сборнике: E3S Web of Conferences. 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. 2019. С. 04005.

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕГКОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА В
НЕСУЩИХ СИСТЕМАХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ
СЕЙСМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

Колебания грунта от землетрясений вызывают инерционные сейсмические нагрузки на здания [1]. Эти нагрузки могут вызвать различные повреждения в несущих конструкциях и привести к их разрушению. Одной из важнейших задач возведения многоэтажных зданий в сейсмически опасных районах является обеспечение их устойчивости. Одним из способов обеспечения устойчивости многоэтажных зданий при сейсмических воздействиях является повышение несущей способности конструкций за счет применения высокопрочных материалов [2].

В современной практике строительства получает распространение легкий высокопрочный бетон [3,4]. Основные преимущества такого бетона – высокая прочность и снижение постоянных нагрузок от собственного веса несущих конструкций. Снижение собственного веса затрагивает вопросы конструкций фундаментов, поперечных сечений вертикальных несущих конструкций и плит перекрытий в монолитном и сборном исполнении [5,6,7].

При применении легкого высокопрочного бетона происходит изменение осевых, изгибных и крутильных жесткостей несущих систем зданий и сооружений.

В данной работе рассматривается применение легкого высокопрочного бетона в реальном 30-этажном здании на действие горизонтальной сейсмической нагрузки. Расчет модели выполнен с помощью программного комплекса «ЛИРА-САПР».

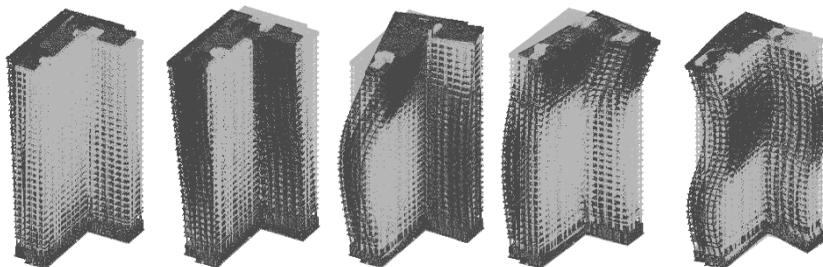
Для конструкций из тяжелого бетона (ТБ) приняты исходные данные для В30 в соответствии с [8]. Для плит перекрытий из легкого высокопрочного бетона (ЛВБ) класса В100 приняты следующие данные [9] – прочность бетона на сжатие 47,5 МПа, начальный модуль упругости 24375 МПа, плотность 1400 кг/м³.

Для сейсмической нагрузки приняты следующие параметры: сейсмичность района строительства составляет 7 баллов, категория грунта - II. Метод суммирования составляющих - метод 10% [10].

Расчет на действие сейсмической нагрузки производился линейно-спектральным методом при направлении сейсмического воздействия вдоль оси Y.

В рамках данной работы произведен модальный анализ здания для определения собственных форм и периодов колебаний. В расчете учтены

первые 12 форм собственных колебаний, так как остальные формы не вносят существенного вклада в общую массу системы и могут быть учтены в виде остаточного члена отброшенных форм колебаний согласно [10]. В дальнейшем рассматриваются формы колебаний, вносящие вклад более 1% в общую массу системы. Формы колебания здания представлены на рис. 1. Результаты динамического расчета здания представлены в таблице 1.



а) 1-я форма б) 2-я форма в) 5-я форма г) 6-я форма д) 12-я форма

Рис.5- Формы колебания здания

Таблица 1

Результаты динамического расчета здания

Характеристика	ТБ	ЛВБ	Снижение, %
Горизонтальные перемещения здания по оси X, мм	160	155	3,2
Горизонтальные перемещения здания по оси Y, мм	216	192	12,5
Сжимающее усилие N_u в выбранном пилоне в уровне первого этажа, кН/м ²	10300	8570	20,2
Изгибающий момент M_u в выбранном пилоне на высоте 45,2 м, (кН·м)/м	59,5	48,8	21,9
Период колебаний 1-ой формы, с	4,49	4,33	3,7
Период колебаний 2-ой формы, с	4,38	4,25	3,1
Период колебаний 5-ой формы, с	0,91	0,87	4,6
Период колебаний 6-ой формы, с	0,89	0,85	4,7
Период колебаний 12-ой формы, с	0,39	0,37	5,4

Анализ результатов динамического расчета на сейсмическую нагрузку показывает, что максимальные горизонтальные перемещения здания с перекрытиями из высокопрочного легкого бетона по оси X уменьшились на 3,2%, по оси Y - на 12,5% относительно здания с перекрытиями из тяжелого бетона. Снижение сжимающих усилий в выбранном пилоне в уровне первого этажа составило 20,2%.

Максимальное снижение изгибающих моментов при действии горизонтальных нагрузок на высоте 45,2 м составило 21,9%.

По результатам модального анализа можно сделать вывод, что поступательные и крутильно-изгибная формы собственных колебаний характеризуются меньшим значением периода колебаний несущих конструкций для здания с перекрытиями из легкого высокопрочного бетона. Очевидно, что момент инерции уменьшился за счет уменьшения массы конструкции. Таким образом, уменьшение массы конструкций за счет применения легкого высокопрочного бетона приводит к уменьшению динамических нагрузок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Амосов А.А., Синицын С.Б.* Основы теории сейсмостойкости сооружений. – Москва: АСВ, 2010, с. 8-19

2. *Усова А.В.* Строительство многоэтажных зданий в условиях сеймики//Тенденции развития науки и образования, 2021, №74, ч.4 с. 98-102

3. *Карпенко Н.И, Ярмаковский В.Н.* К нормированию физико-механических характеристик высокопрочных легких бетонов и методам расчета конструкций из них//Жилищное строительство. – 2016, № 7, с. 25-28

4. *Sifan M., Nagaratnam B., Thamboo J., Poologanathan K., Corradi M.* Development and prospectives of lightweight high strength concrete using lightweight aggregates//Construction and Building Materials 362 (2023)

5. *Люблинский В.А., Трофимова М.Н.* Деформативность многоэтажного здания с несущими перекрытиями из легкого высокопрочного бетона//Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения, 2023. с. 86-92

6. *Тамразян А.Г., Филимонова Е.А.* Рациональное распределение жесткости плит по высоте здания с учетом работы перекрытия на сдвиг// Вестник МГСУ – 2013, № 11. с. 84—90.

7. *Duong T.Q., Vu N.T., Inozemtcev A.S., Korolev E.V.* Possibilities and limitations of high-strength lightweight fiber-reinforced concrete structures//Journal of Physics: Conf. Series 1425, 2020

8. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/554403082>

9. *Иноземцев А.С.* Средняя плотность и пористость высокопрочных легких бетонов//Magazine of Civil Engineering, 2014, №7, с. 31-37

10. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/550565571>

11. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/456044318>

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЛИЦОВОЧНОЙ КЛАДКИ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ С УЧЕТОМ ОРТОТРОПИИ

Под воздействием температуры кладка испытывает деформации, но из-за жесткого сцепления с основанием, в ней возникают горизонтальные напряжения [1]. При большой протяженности стены, напряжения превышают предельные по перевязанному сечению или на срез по шву и в кладке образуются вертикальные или косые трещины.

В ходе данного исследования произведена апробация данных предыдущих публикаций на тему длин температурного блока; в частности ставился вопрос работы кладки при отрицательных температурах (с учетом влажности) и с учетом ортотропных свойств материала.

С предыдущей работы [7] формула для расчета длины температурного блока облицовочной кладки модифицирована:

$$L = 1 - \frac{k}{\Delta t_{\text{прив}} \cdot \alpha_{\text{пол}} \cdot \omega}, \quad (1)$$

где $k = \frac{R_{ut}}{E_{кл}}$;

$\omega = \frac{E_{шв}}{t_{шв}}, \frac{\text{МПа}}{\text{м}}$ – условная жесткостная характеристика сопряжения с основанием; при непосредственном опирании кладки на плиту перекрытия следует принимать 0,4.

$t_{шв}$ – толщина нижнего растворного шва, м;

$E_{шв}$ – модуль деформации нижнего растворного шва, МПа;

$\alpha_{\text{пол}}$ – коэффициент линейного температурного расширения (КЛТР) кладки при положительных температурах, $1/^\circ\text{C}$;

R_{ut} – временный предел прочности кладки на растяжение по перевязанному сечению, МПа;

$E_{кл}$ – модуль деформации кладки, МПа.

Расчетное значение перепада температуры $\Delta t_{\text{прив}}$, $^\circ\text{C}$, определяемое по методике СП 20.13330, но с учетом изменения КЛТР кладки при отрицательных температурах (приведенное):

$$\Delta t_{\text{прив}} = t_w - t_{0c} \frac{\alpha_{\text{отр}}}{\alpha_{\text{пол}}}, \quad (2)$$

$$\Delta t_{\text{прив}} = t_c \frac{\alpha_{\text{отр}}}{\alpha_{\text{пол}}} - t_{0w}, \quad (3)$$

КЛТР для зоны отрицательных и положительных температур определены по линеаризованным данным из работы Мурого М.А. [2], существенно различающиеся вдоль и поперёк рядов кладки:

$$\alpha_{отр}^{поп} = \alpha_{сух}^{поп}(1 + 0,062w); \quad \alpha_{отр}^{вд} = \alpha_{сух}^{вд}(1 + 0,039w),$$

где w – массовая влажность кладки, %;

$\alpha_{отр}^{поп}$, $\alpha_{отр}^{вд}$ – КЛТР поперёк и вдоль рядов кладки при отрицательных температурах. В работе [2] приведены данные КЛТР поперек и вдоль рядов кладки также и в воздушно сухом состоянии. Для сравнения, эти коэффициенты из других работ и нормативных документов приведены в таблице 1.

Таблица 1

КЛТР, $10^{-6} 1/^\circ\text{C}$	Работа [1]	Работа [2]	Работа [1]	СП 15.13330	СП 325.1325800	EN 1996-1-1
$\alpha_{сух}^{поп}$	6,0	7,2	6,6	6,5	5	4÷8
$\alpha_{сух}^{вд}$	4,5	7,4				

Помимо КЛТР, ортотропия кладки проявляется и в её деформативных характеристиках. Так, в работе [3] Емельянов А.А. приводит результаты исследования для кладки из кирпича М150 на растворе М100 начальный модуль упругости кладки при сжатии равен: вдоль рядов $E_0^{вд} = 5400$ МПа, и в 1,3 раза больше поперёк рядов – $E_0^{поп} = 7000$ МПа. В работе [6] соотношение модулей вдоль и поперёк рядов – 1,25...1,39. Существенное же увеличение ортотропных свойств проявляется при уменьшении марки прочности раствора. При сравнении начальных модулей деформации, полученных экспериментальным путем в работах [3, 6], с данными СП 15.13330, имеется существенное расхождение.

Проведенная серия расчётных экспериментов облицовочной кладки с учётом и без ортотропии деформативных свойств не выявила существенной разницы при анализе нормальных горизонтальных напряжений при термических климатических нагрузках.

Полученная формула (1) хорошо коррелирует с работой [5] (методика EN 1996-1-1) и методикой СП 327.1325800. На рисунке 1 представлены графики сравнения длин температурного блока кладки в зависимости от доли отрицательных температур при перепаде температур $\Delta t = -50^\circ\text{C}$. Здесь, имеется в виду как учет снижения КЛТР для кладки вдоль рядов по работе [1] ($\alpha_{сух}^{вд} = 4,5 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$), так и его увеличение при отрицательных температурах с учетом изменения влажности кладки из работы [2].

По данным нашего исследования изменение влажности кладки от 6% до 12% при отрицательных температурах снижает длину температурного блока от 24% до 46% в сравнении с «сухой» кладкой.

Для г. Москвы, например, расчетная длина температурного блока по формуле (1) составит $L = 3,42$ м (в «сухом» состоянии), $L = 3,08$ м (при влажности $w = 6\%$, что на 10 % меньше) и $L = 2,82$ м (при влажности $w = 12\%$, что на 17 % меньше).

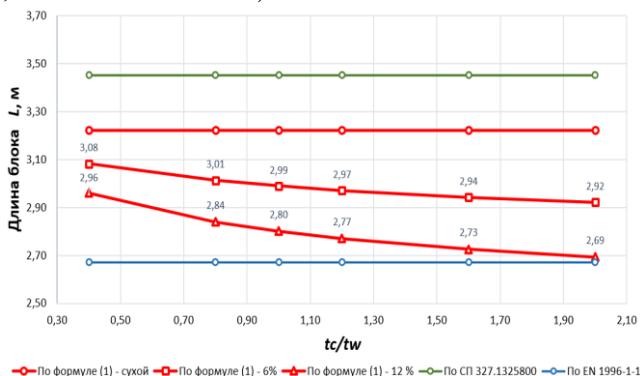


Рис. 1 – Длина температурного блока при изменяющейся доле отрицательных температур с учетом влажности кладки

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Зимин С.С.* Напряженно-деформированное состояние лицевого слоя многослойных каменных стен при климатических температурных воздействиях: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Зимин Сергей Сергеевич. – СПб., 2020. – 119 с.
2. *Мурый М.А.* Температурные деформации влажной кирпичной кладки // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2008. – № 1. – С. 79-85.
3. *Емельянов А.А.* Прочность и деформации кирпичной кладки при сжатии вдоль рядов // Исследования каменных и крупнопанельных конструкций и перспективы их развития: сб. научн. тр. / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М., 1990. – С.205–214.
4. *Ищук М.К.* Прочность и трещиностойкость каменной кладки наружных многослойных стен: дис. ... докт. техн. наук: 05.23.01 / Ищук Михаил Карпович. – М., 2019. – 302 с.
5. *Schubert P.* Vermeiden von schädlichen Rissen in Mauerwerkbauteilen // Mauerwerk-Kalender. Berlin, 1996. S. 621-651.
6. *Деркач В.Н.* Анизотропия деформационных свойств каменной кладки // Глобальная энергия. – 2011. – №1. – С.201-207.
7. *Черный И.А.* Конструктивная адаптация идеи увеличения длины температурного блока облицовочной кладки // Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института промышленного и гражданского строительства. – М.: Издательство МИСИ – МГСУ, 2023. – С.38-40.

Студентка магистратуры 1 года обучения 1 группы ИПГС Юдина Е.В.
 Студентка магистратуры 1 года обучения 2 группы ИПГС
Жиренкова В.А.
 Студентка магистратуры 1 года обучения 3 группы ИПГС Малыгина
О.И.
 Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, доц. **А.Н. Топилин**

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ БЕЗ СЦЕПЛЕНИЯ АРМАТУРЫ С БЕТОНОМ ПО ДЕФОРМАЦИЯМ

Нас всех учили, что железобетон – это искусственный строительный материал, в котором бетон и стальная арматура, объединенные взаимным сцеплением, работают как единое целое.

Однако, в рассматриваемых нами конструкциях полностью отсутствует сцепление арматуры и бетона. К чему это приводит?

В традиционных конструкциях на стадии эксплуатации в трещине напряжение в арматуре больше, чем между трещинами (рис. 1 [1]).

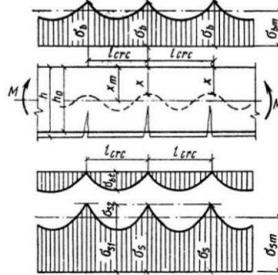


Рис. 1. Эпюра напряжений традиционных железобетонных конструкций

Арматура в трещинах достигает условного предела текучести, а в участках между трещинами фактически не работает [2,3]:

$$\varepsilon_{btu} = 0,00015,$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{bt} = \frac{\sigma_s}{E_s},$$

$$\sigma_s = 0,00015 \cdot 200000 = 30 \text{ МПа}$$

То есть, условно можно сделать вывод, что арматура работает только в трещинах. Из этого следует, что эпюра напряжений выглядит не так, как показана на рис. 1. В действительности она имеет вид как на рис. 2.б)

В конструкциях же без сцепления арматуры с бетоном возникающие напряжения в арматуре будут равномерными по всей длине конструкции вплоть до ее разрушения (рис. 1 а) [3,7]).

Рассмотрим 6-метровую балку. В ее средней зоне находится примерно 10 трещин, максимально допустимая ширина раскрытия

трещин 0,4 мм. Тогда относительная деформация определяется в соответствии со следующим расчетом:

$$\frac{\sum a_{crc}}{l_b} = \varepsilon_s = \frac{10 \cdot 0,4}{6000} = 0,000666$$

Максимальные приращения напряжений при эксплуатации:

$$\Delta\sigma_s = \varepsilon_s E_s = 10 \cdot 0,4 \cdot 195000 / 6000 = 130 \text{ МПа, что меньше чем } \sigma_{los} = 300 \text{ МПа/}$$

Большие потери напряжения объясняются специфической системой анкеровки канатной арматуры.

То есть не достигается условный предел текучести, учитывая это в европейских нормах принимают:

$$\sigma_s \approx \sigma_{sp} = 0,8R_{s,n}$$

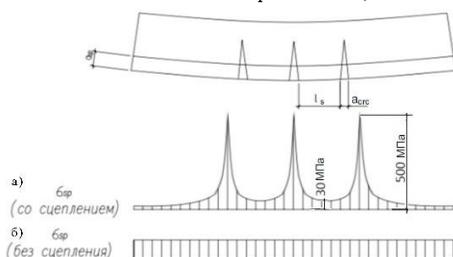


Рис. 2. Эпюры напряжений железобетонных конструкций

а) действительная эпюра напряжений в конструкциях со сцеплением

б) эпюра напряжений в конструкциях без сцепления

Характер разрушения образцов без сцепления с бетоном имеет **особую форму**, отличается от системы со сцеплением и происходит по следующей схеме [4]:

- пластическое разрушение стержневой конструктивной арматуры
- последующее разрушение сжатой зоны бетона
- при этом канатная арматура остается в упругой стадии работы.

Так, на стадии разрушения напряжения в растянутой арматуре не достигают условного предела текучести, что не учитывают существующие методы расчета, недооценивая их несущую способность.

На стадии разрушения следует учитывать момент предварительного обжатия:

$$M_p = A_{sp} * (\sigma_{sp} - \sigma_{los}) * e_{op}$$

Тогда условие прочности балок можно записывать как: $M \leq M_{ult} + M_p$,

где M_{ult} – момент сечения, подсчитанный по СП,

M_p - момент предварительного обжатия.

Ширина раскрытия трещин в традиционных конструкциях определяется по следующей формуле [2]:

$$a_{crc} = \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 \Psi_s \frac{\sigma_s}{E_s} l_{crc}$$

Основными составляющими этой формулы являются коэффициенты, расстояние между трещинами и закон Гука:

По закону Гука механическое напряжение, возникающее в теле при деформации, прямо пропорционально величине его относительной деформации. Он отражает линейную зависимость при равномерном напряжении, которого в традиционных конструкциях не наблюдается.

Так как в конструкциях без сцепления арматуры с бетоном эпюра напряжений является равномерной, то для таких конструкций закон Гука справедлив в чистом виде.

Расчет ширины раскрытия трещин для конструкций без сцепления арматуры с бетоном можно вести по следующей формуле:

$$a_{crc} = \frac{\sigma_s}{E_s} l_{crc}$$

Пока что остается открытым вопрос по определению расстояния между трещинами и значения напряжений на стадии эксплуатации в данном виде конструкций. Это входит в вопросы, которые мы намерены решить в наших магистерских диссертациях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Байков В.Н., Сигалов Э.Е.* Железобетонные конструкции. Общий курс. Москва Стройиздат, 1991.
2. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения: дата введения 2019-06-20. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 124 с
3. *Топилин А. Н., Гнеушев И.И., Лучкин Е.А., Кео Ун.,* Анализ прочности постнапряженных железобетонных конструкций без сцепления арматуры с бетоном // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 3. – С. 244-249.
4. *Топилин А.Н., Терешина Е.Н., У. Кео.* Современные системы предварительного напряжения монолитных железобетонных конструкций // Бюллетень строительной техники. 2018. №12. С. 50-51
5. *Топилин А. Н., Бадаев М. И., Кео У., Терешина Е. Н.,* Системы предварительного напряжения железобетонных конструкций без сцепления арматуры с бетоном и со сцеплением в монолитном строительстве // ЖБИ и Конструкций. – 2016. – № 4. – С. 14-15.
6. *Топилин А.Н., Гнеушев И.И., Кео Ун,* Analysis of durability of post-stressed reinforced concrete structures without concrete-to-steel bond // AIP Conference Proceedings. – 2023. – № 1.
7. *Шарипов Р.Ш.* Проблемы расчета предварительно напряженных конструкций без сцепления арматуры с бетоном по первой и второй группам предельных состояний и способы их решения / Р.Ш. Шарипов, С.А. Зенин, О.В. Кудинов // Строительные науки. –2017. – № 1. – С. 129–132.

ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТОРКРЕТ-БЕТОНА В СЕЙСМОУСИЛЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ КАМЕННОЙ КЛАДКИ

Несмотря на то, что конструкции из каменной кладки представляют собой значительную часть зданий по всему миру, многие здания с неармированной кладкой подвержены сейсмической уязвимости и требуют усиления. Основным структурным элементом этих зданий являются неармированные стены, которые предназначены прежде всего для сопротивления гравитационным нагрузкам. При сейсмических нагрузках у неармированных стен есть два возможных механизма разрушения, а именно плоскостной и внеплоскостной. Поэтому в научной литературе исследуются вопросы сейсмоусиления как повышения сейсмической устойчивости существующих конструкций к усилиям, производимым подземными толчками, в плоскости и/или вне плоскости.

Основные механизмы разрушения неармированных стен в плоскости под воздействием землетрясений можно суммировать (рис. 1) [1].

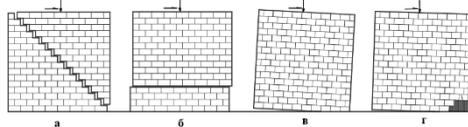


Рис. 1. Виды разрушения в плоскости неармированной стены из каменной кладки с боковой нагрузкой: а) разрушение при сдвиге, б) разрушение при скольжении, в) разрушение при раскачивании, г) разрушение сжатого угла вследствие смятия [1]

Поскольку каменные конструкции неармированных стен не являются сейсмостойкими, многие исследования посвящены возможностям использования торкрет-бетона для повышения устойчивости к воздействию горизонтальных сил. Результаты исследований показали, что усиление исходной конструкции дополнительными слоями торкрет-бетона может повысить сейсмостойкость стен из каменной кладки, их суммарную жесткость и прочность на сжатие [2].

Изучение влияния величины и распределения толщины торкрет-бетона на несущую способность стен из каменной кладки в большинстве исследований сводилось к изучению прочности в боковом направлении, например, эксцентричного сжатия или сейсмических сил. Результаты большинства исследований по одноосному сжатию подтверждают

возможность усиления сейсмостойкости стен из каменной кладки путем двустороннего наращивания торкрет-бетона. Большинство экспериментальных исследований основывается на небольшой серии физических опытов. Поэтому была проведена серия экспериментов по циклическому одноосному сжатию усиленной напыляемым раствором торкрет-бетона неармированной стены из каменной кладки, объединивших экспериментальное и численное моделирование методом конечных элементов (МКЭ). Эталонная серия образцов в количестве 3 штук была без усиления, 2-я, 3-я и 4-я серии образцов в количестве 3 штук были усилены односторонним слоем торкрет-бетона толщиной 30, 40 и 50 мм, соответственно; 5-я серия образцов в количестве 3 штук была усилена с двух сторон с использованием слоев толщиной 30 мм (рис.2).



Рис. 2. Процесс подготовки серий образцов: а) процесс напыления слоя торкрет-бетона на образцы стен, б) серии готовых образцов стен [2]

Результаты показали, что прочность на сжатие большинства неармированных стен, усиленных напыляемым раствором торкрет-бетона, увеличилась с увеличением толщины напыленного слоя, который в том числе помог устранить строительные дефекты самой кладки. Предел прочности композитной кладки, как правило, положительно коррелирует с общим увеличением толщины напыляемого раствора. При двустороннем напылении увеличение модуля упругости композитной стенки оказалось более значительным, чем увеличение предела прочности [2].

В другом лабораторном эксперименте были представлены статические циклические испытания, исследующие поведение неармированных стен из каменной кладки, усиленных слоями торкрет-бетона. Три стены были построены с использованием кирпичной кладки. Эталонный образец был без усиления, 2-й образец был усилен использованием одностороннего слоя торкрет-бетона толщиной 40 мм, 3-й образец был усилен торкрет-бетоном с двух сторон толщиной 20 мм. При этом 2-й и 3-й образцы имели одинаковую суммарную толщину торкрет-бетона. Испытания показали, что усиление стен с использованием двустороннего торкрет-бетона позволило увеличить поперечную прочность образцов в 3,6 раза по сравнению с односторонним [1].

По результатам другого исследования также было выявлено, что предложенный метод усиления неармированных стен торкрет-бетоном с обеих сторон оказался более эффективным, чем укрепление неармированной стены из каменной кладки только с одной стороны [3].

По результатам экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния каменной кладки, усиленной односторонней железобетонной аппликацией, при совместном действии статических горизонтальных и вертикальных нагрузок было установлено, что для практического применения торкрет-бетона и набрызг-бетона при сейсмоусилении существующих зданий рекомендуемая толщина составляет 40-60 мм [4].

На основе приведенных результатов можно сделать вывод об актуальности исследований по влиянию усиливающих слоев из торкрет-бетона на несущую способность конструкций из каменной кладки при сейсмических воздействиях, тем более что продление срока эксплуатации существующих зданий в сеймоопасных регионах должно включать в себя и их сейсмическое усиление [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *ElGawady M. A., Lestuzzi P., Badoux M.* Retrofitting of masonry walls using shotcrete. 2006 NZSEE Conference, Paper. Vol. 45.2006.
2. *Huang D., Albareda A., Pons O.* Experimental and Numerical Study on Unreinforced Brick Masonry Walls Retrofitted with Sprayed Mortar under Uniaxial Compression. *Buildings* 13.1 (2023): 122.
3. *Shabdin M., Nader Khajeh Ahmad Attari, Zargaran M.* Experimental study on seismic behavior of unreinforced masonry (URM) brick walls strengthened in the boundaries with shotcrete. *Earthquake Engineering* 25.7 (2021): 1381-1407.
4. *Тонких Г.П., Симаков О.А., Симаков А.Б., Кабанцев О.В., Баев С.М., Панфилов П.С.* Экспериментальные исследования сейсмоусиления каменной кладки наружными бетонными аппликациями // Промышленное и гражданское строительство. 12 с. Материал хранится в ОАО «26 ЦНИИ» по адресу: 143913, Московская обл., г. Балашиха, мкр. Гагарина, тел. 585-58-96.
5. *Gkournelos P. D., Triantafyllou T. C., Bournas D. A.* Seismic upgrading of existing masonry structures: A state-of-the-art review. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 161 (2022): 107428.

СЕКЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Студентка магистратуры 1 года обучения 2 группы ИИГС
Айзатуллина Д.А.*

Научный руководитель – проф., канд. тех. наук, проф. В.А. Люблинский

КРУЧЕНИЕ МОНОЛИТНЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

Стремление к архитектурной выразительности и функциональности влечет за собой увеличение числа несимметричных в плане зданий. Если учесть, что равнодействующая горизонтальной нагрузки прикладывается в геометрический центр здания (центр масс), то у несимметричного здания образуется эксцентриситет между этим центром и центром жесткостей [1]. Это приводит к образованию кручения [2].

Кручение – явление, возникающее при действии горизонтальной внешней нагрузки на несущие элементы несимметричного здания и вызывающее вращательное движение этих элементов вокруг вертикальной оси, и получающие дополнительные перемещения и углы поворота. Рассматриваемое явление наибольшим образом проявляется в крайних несущих элементах и способно привести к хрупкому разрушению.

В настоящее время нет единого подхода к учету кручения при проектировании. Во многих странах кручение оценивают в зависимости от более восемнадцати показателей, одни из которых подходят слабой интенсивности нагрузки, другие при большей. Наиболее используемыми показателями являются нормализованное отношение статического эксцентриситета, отношение радиуса кручения к массовому радиусу вращения, отношение максимального к минимальному (или среднему) упругому смещению перекрытий [4]. Критерии крутильной неравномерности – отношения этих показателей - лежат в диапазоне от 0,8 до 1,2 [4]. В отечественном обязательном для применения СП 20.13330.2016 не декларируется кручение. Согласно рекомендованному своду правил СП 14.13330.2018 необходимо соблюдать ограничения междуэтажного перекоса или смещения при сдвиге и изгибе. Исследования [4, 5] показали, что вектор, состоящий из трех вышеупомянутых индексов, демонстрирует неизменно высокую степень корреляции с максимальными требованиями к межэтажному смещению при разных уровнях интенсивности нагрузки. Однако некоторые исследования, которые были основаны на анализе идеализированных

одноэтажных систем, показали, что эти параметры плохо коррелируют с сейсмическими требованиями на всех этапах жизненного цикла конструкции [5].

В ходе работы в ПК «ЛИРА-САПР» была создана расчетная модель несимметричного 25-ти этажного монолитного жилого здания высотой 75,9 м с рамно-связевым каркасом из бетона класса В 25 и арматуры класса А 500. Данная модель составленная из стержневых и оболочечных конечных элементов КЭ 10, КЭ 42, КЭ 44 была принята для попытки оценить влияние кручения на напряженно-деформированное состояние здания. Значение эксцентриситета составило 1,96 метров (рис. 1.).

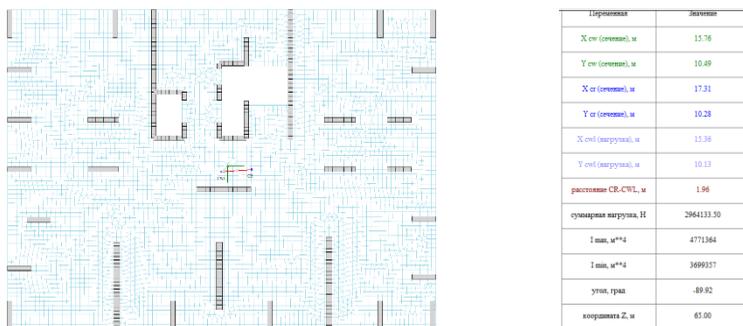


Рис. 1. Значение эксцентриситета объекта исследования

В качестве внешней горизонтальной нагрузки рассматривалась ветровая нагрузка для шести ветровых районов согласно СП 20.13330.2016, приложенная по длинной стороне здания. Ветровая нагрузка рассчитана самостоятельно и вручную приложена к каждой плите перекрытия. Результаты перемещений представлены на рисунке 2.

По графику можно сделать вывод о том, что при увеличении горизонтальной нагрузки при данном эксцентриситете, перемещения горизонтальных элементов здания увеличиваются нелинейно и по высоте, и от первого ветрового района к шестому. В итоге, несущая система объекта исследования испытывает возрастающее кручение, однако невозможно оценить влияние только кручения на напряженно-деформированное состояние изолировав горизонтальное воздействие. Появление крутильных форм колебаний вместо изгибных или изгибно-крутильных первых форм собственных колебаний дает качественное описание появления кручения. Какие дополнительные усилия появились в периферийных несущих конструкциях численно неизвестно. По сути, современные программные комплексы при выдаче итоговых результатов не акцентируют внимание на то, какой вклад вносит кручение в работу конструкций.

Решение принимается самое простое – принять все меры к недопущению крутильных первых трех форм собственных колебаний, уменьшив эксцентриситет приложения крутящей нагрузки изменением расположения вертикальных несущих элементов, что не всегда возможно исходя из архитектурных функциональных требований.

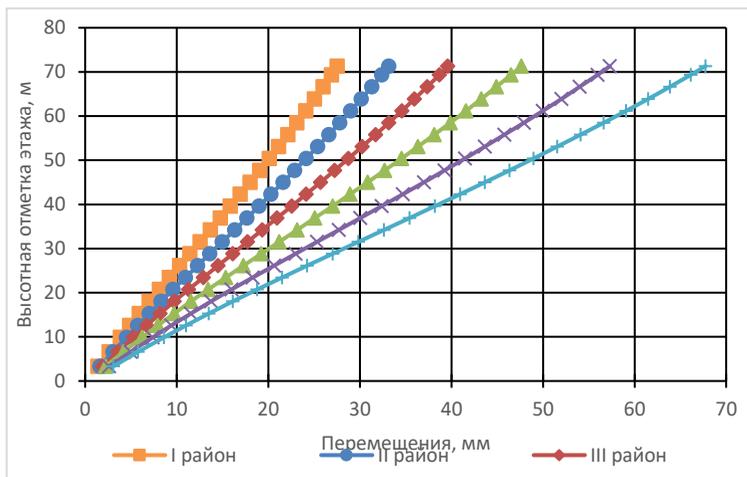


Рис. 2. График зависимости перемещений по оси X угла перекрытия от высоты здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Айзатуллина Д. А.* Проектирование несимметричного односекционного монолитного 25-этажного жилого здания в Г. Казань // Дни студенческой науки: Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института промышленного и гражданского строительства, Москва, 27 февраля – 03 2023 года. – Москва: НИУ МГСУ, 2023. – С. 5-7.
2. Проектирование современных высотных зданий / под ред. Сюй Пэйфу; Пер. с китайского. – М.: Изд-во АСВ, 2008, – 496 с.
3. *Rohan Bhasker, Arun Menon* Torsional irregularity indices for the seismic demand assessment of RC moment resisting frame buildings / Structures 26 (2020) 888–900.
4. *Kan CL, Chopra AK.* Torsional coupling and earthquake response of simple elastic and inelastic systems. J Struct Div 1981;107(8):1569–88.
5. *Тамразян А.Г., Орлова М.А.* Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных изгибаемых элементов с трещинами. Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 6 (53). С. 98-105.

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ РАМЫ К ВЕЛИЧИНЕ ЛОКАЛЬНОЙ ПРОСАДКИ ОСНОВАНИЯ.

Один из подходов, подробно описанный в [1] решает такие задачи как: 1) анализ рамных элементов и определение их напряженно-деформированного состояния под воздействием неравномерных осадок соседних оснований в зависимости от количества этажей здания; 2) разработка рекомендаций для этапа проектирования по контролю неравномерных осадок соседних оснований как особого фактора.

В работе были проведены расчеты стальных рам с шарнирными и жесткими узлами крепления ригеля к колоннам для 1, 2 и 3-х этажных рам рисунок 1.

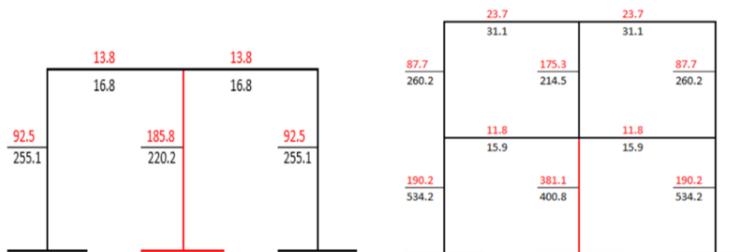


Рис. 1. Рассматриваемые расчётные схемы

В результате исследования было установлено, что смещение точки опоры колонны, расположенной над областью моделирования просадки основания, существенно больше, чем установленная предельно допустимая разница осадок фундаментов, расположенных рядом. Это справедливо для всех случаев, независимо от количества этажей и типа узловых соединений, рисунок 2.

Выводы исследования:

- Вынужденные перемещения колонн приводят к возрастанию усилий в элементах с увеличением этажности.
- Система с жесткими узлами является более рациональной по критерию жесткости по сравнению с шарнирным сопряжением.

Следующий подход [2] представляет собой процесс оценки НДС при аварийных ситуациях, вызванных локальной просадкой основания.

В работе рассматриваются многопролетные железобетонные рамы на жестком и упругом Винклеровском основании.

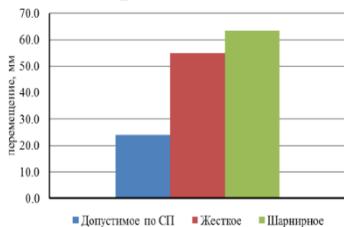


Рис. 2 Значение перемещений узла опоры

Динамический эффект от локальных повреждения конструкций учитывается по энергетическому методу Гениева Г.А., в котором при исключении одной или нескольких колонн из расчетной схемы возникает динамическое усилия T_D , определяемое уравнением (1):

$$T_D = 2T_S - T_{SA} \quad (1)$$

Здесь T_{SA} , T_{SB} – усилия, возникающие в системе с постоянной жесткостью, определяемые по статическому расчету систем без повреждений и систем с удаленными связями.

В исследовании были выполнены расчеты по различным расчетным схемам: - с жестким / упругим основанием; - с повреждением рядовой / крайней колонны. Повреждения колонны моделировались по средством удаления связи, как будто произошел подмыв или провал грунтового основания.

По результатам расчета динамических коэффициентов была получена таблица 1.

Таблица 1

Тип основания	Значение Динамического коэффициента, когда была удалена:	
	Торцевая колонна	Рядовая колонн
Упругое	1.93	1.59
Жесткое	1.81	1.79

На основании таблицы можно сделать вывод, что ЖБ рама более чувствительна к исключению торцевой колонны.

В статье [3] авторы рассматривают методику анализа функций чувствительности внутренних усилий и перемещений частей зданий на упругом основании. Они приводят пример одноэтажной рамы и анализируют функции чувствительности разности осадок и максимального момента.

Результатом данной работы стало определение зависимости между различными параметрами системы и ее свойствами. Что позволило уменьшить сечение конструкций и снизить неравномерность осадки фундаментов, а также сократить максимальный изгибающий момент.

В исследовании [4] предлагается метод составления уравнений для балочных систем, опирающихся на упругое основание. В методе рассмотрены различные случаи: когда основание перестает работать под крайним или средним участком. Результатом таких изменения условий опирания является возрастание усилия в конструкциях до 5 раз.

Вывод: описанные работы [1-4] рассматривают различные случаи изменений условий опирания несущих конструкций на упругом основании, так же в них предлагаются методики для расчета и определения внутренних усилий и перемещений конструкций. Поэтому их можно применять в научно-технических расчетах и исследованиях [5] и [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Голиков А.В.* Оценка влияния неравномерных осадок фундаментов на каркас стальных этажерок / А. В. Голиков, В. В. Маликова, П. В. Якимив // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2022. – № 1(86). – С. 5-17. – EDN TSHSDE.

2. *Курченко Н.С., Алексейцев А.В.* Эволюционная модель поиска рационального распределения ресурсов при ограничении продолжительности строительства. Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 4 (70). С. 19-23

3. *Дмитриев Г.Н., Шатовкин С.А.* Анализ свойств рамных конструкций на упруго-податливом основании с использованием функций чувствительности // Вестник МГСУ. 2014. № 7. С. 75—84.

4. *Травуш В.И., Гордон В.А., Колчунов В.И., Леонтьев Е.В.* Динамическое деформирование балки при внезапном структурном изменении упругого основания // Инженерно-строительный журнал. 2019. № 7(91). С. 129–144. DOI: 10.18720/MCE.91.12

5. *Alekseytsev A.V., Sazonova S.A.* Numerical analysis of the buried fiber concrete slabs dynamics under blast loads. Magazine of Civil Engineering. 2023. 117(1). Article no. 11703. DOI: 10.34910/MCE.117.3

6. *Алексейцев А.В., Антонов М.Д.* Динамика безбалочных железобетонных каркасов сооружений при повреждениях плит продавливанием. Строительство и реконструкция. 2021. № 4 (96). С. 23-34.

*Студенты 5 курса 61 группы ИПГСс **Бойчук Д.А., Ионов П.О., Листов В.Л.***

*Научный руководитель – доц., канд. техн. наук **О.А. Симаков***

АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В РАМКАХ УСТАНОВИВШЕЙСЯ РАСЧЁТНОЙ СИТУАЦИИ

Кроме всех неблагоприятных условий эксплуатации наиболее ответственные объекты обязаны выдерживать такие маловероятные ситуации, как авария [1-5]. Для зданий класса КС-3, а также КС-2 с массовым нахождением людей обязателен расчет на прогрессирующее обрушение. Вследствие чего, при аварии данные классы зданий не разрушаются полностью (не должны!), и необходимо иметь методы расчета, которые могут гарантировать их безопасную эксплуатацию в дальнейшем. На данный момент в нормативной документации рассмотрены методы оценки повреждений, варианты усиления и восстановления конструкций, однако, нет требований, которые бы учитывали в расчете особенности послеаварийного состояния и механизм включения восстановленных элементов в работу конструктивной системы. В рамках данной работы выполнен поиск основных параметров, обязательных при расчете послеаварийной ситуации.

Послеаварийная ситуация принимается установившейся, то есть нет необходимости воссоздавать сложный процесс аварии, включая динамические воздействия. Анализируются итоговые разрушения и изменения свойств материала конструкции в статической постановке.

Рассмотрены два подхода к моделированию расчетной ситуации. Первый подход представляет собой формальное воссоздание деградации конструктивной системы: исключаются разрушенные элементы, у большей части здания вокруг зоны разрушения занижается модуль деформации. Пониженный модуль деформации необходим для учета неупругих деформаций в результате аварии. При попытке моделирования восстановления разрушенного элемента аналогичным образом получается модель идентичная ситуации до аварии, с поправкой на деформативные характеристики. Характер ее деформирования игнорирует послеаварийное состояние и является неприменимым для анализа работы восстановленного элемента и работы конструкции в целом.

Второй вариант учитывает поэтапное деформирование (генетическую нелинейность) при восстановлении разрушенного элемента с его последующим включением в работу. Он включает следующие стадии:

1. Нормальная эксплуатация объекта - наличие всех конструктивных элементов, нагружение основным сочетанием нагрузок;
2. Послеаварийная ситуация - исключение колонны (рис. 1), понижение модуля деформации до 0,6, исключение эксплуатационных нагрузок;
3. Восстановление разрушенного элемента;
4. Включение в работу восстановленного элемента - понижение модуля деформаций вокруг восстановленного элемента до 0,3, возвращение эксплуатационных нагрузок.

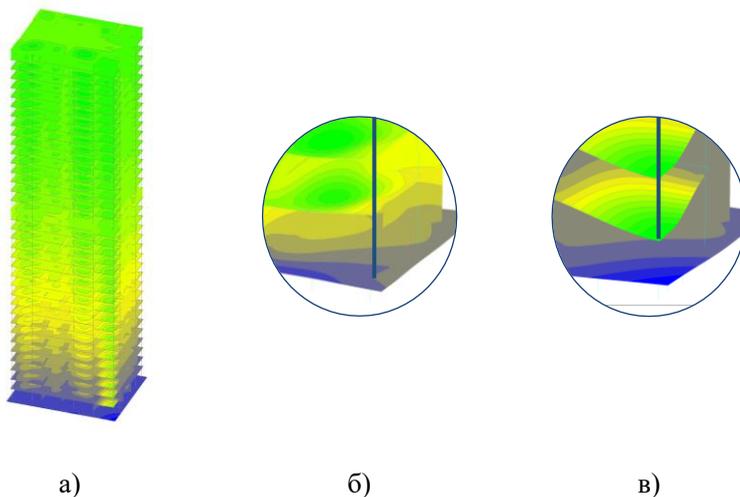


Рис. 1. Этапы моделирования расчётной схемы:
 а) Общий вид здания;
 б) Этап нормальной эксплуатации здания;
 в) Послеаварийная устоявшаяся расчетная ситуация

Сечение восстанавливаемого элемента подбирались из условия включения его в работу на 40–60%. Редуцирование модуля до 0,3 имитирует реологические процессы, в результате которых происходит нагружение восстановленного элемента. Зона редуцирования была принята в области наибольших деформаций вокруг разрушенного элемента. Конкретные параметры моделирования, то есть области и уровень понижения модуля деформации, были приняты условно. Их применимость и конкретные значения должны быть получены из более детального анализа. Проводя сопоставление с обычным подходом (без учета этапности процесса авария-восстановление) получаем практически исходное состояние НДС (рис. 2).

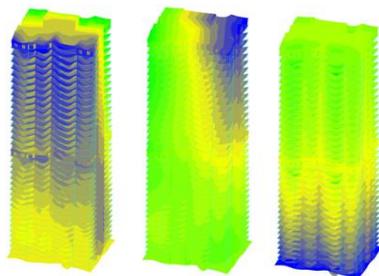


Рис. 2. Расчет здания без наследования НДС

В нормативной базе отсутствуют требования к моделированию и расчету здания после аварийного воздействия, необходима разработка требований, гарантирующих безопасную эксплуатацию зданий после аварии. В результате аварии происходит перераспределение усилий и деформирование расчетной схемы, нет возможности вернуть конструкцию в исходную позицию и восстановить разрушенную часть в проектом положении. Вследствие чего обязателен учет этапности изменения НДС, работа восстанавливаемых и усиливаемых элементов должна рассматриваться в рамках деформированной схемы и непроектного распределения нагрузок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Тамразян А.Г., Манаенков И.К.* К расчету изгибаемых железобетонных элементов с косвенным армированием сжатой зоны. Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 7. С. 41-44.
2. *Тамразян А.Г.* Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов при динамическом нагружении в условиях огневых воздействий. Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 29-35.
3. *Tamrazyan A., Alekseytsev A.* Evolutionary optimization of reinforced concrete beams, taking into account design reliability, safety and risks during the emergency loss of supports. В сборнике: E3S Web of Conferences. 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. 2019. С. 04005.
4. *Тамразян А.Г., Арутюнян С.Н.* К оценке надежности сталежелезобетонных плит перекрытий с профилированными настилами. Вестник гражданских инженеров. 2015. № 6 (53). С. 52-57.
5. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. В сборнике: XXV Polish – Russian – Slovak Seminar “Theoretical Foundation of Civil Engineering”. Сеп. "Procedia Engineering" 2016. С. 721-725.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ ПРИ ЕЁ РАСЧЁТЕ ПО ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Деформационная модель позволяет проследить за нелинейным изменением НДС сечения железобетонных балок от начала их загрузки до момента разрушения, а также определить момент потери несущей способности бетона и арматуры [1-5]. Деформационная модель расчета строится на основе нелинейных деформационных зависимостей бетона и арматуры, представленных в виде диаграмм.

С помощью диаграмм деформирования материалов, используя вычислительную технику, можно определить напряженно-деформированное состояние нормального сечения на любой стадии работы конструкции.

В качестве расчетных рассматриваются два нормальных сечения: осредненное (условное) и сечение с трещиной (рис. 1).

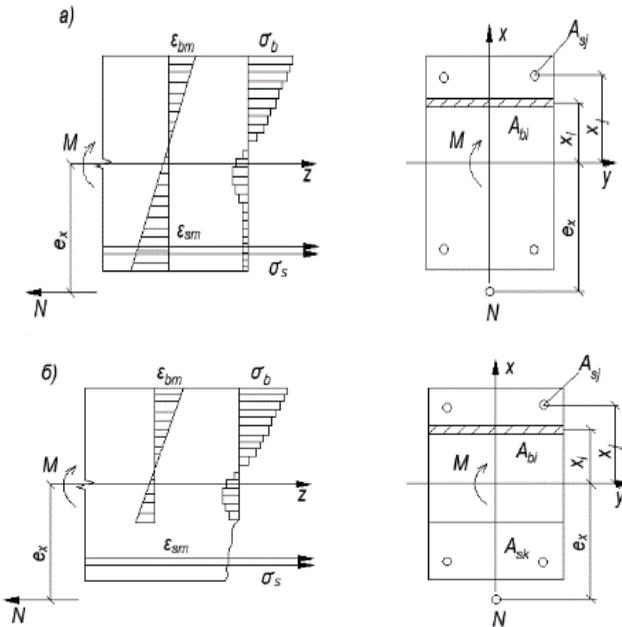


Рис. 1. Дискретная расчетная модель нормального сечения: а) осредненное сечение, б) сечение с трещиной

Для расчета нормального сечения внецентренно нагруженного элемента должно соблюдаться условие равновесия в матричной форме:

$$\begin{Bmatrix} N_z \\ M_x \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{Bmatrix} x \begin{Bmatrix} \varepsilon_z \\ k_x \end{Bmatrix}$$

где N_z , M_x - продольная сила и изгибающий момент от внешней нагрузки:

$$N_z = \sum \sigma_{bi} A_{bi} + \sum \sigma_{sj} A_{sj}$$

$$M_x = - \sum \sigma_{bi} A_{bi} x_i - \sum \sigma_{sj} A_{sj} x_j$$

Связь между деформациями и напряжениями для i -ого бетонного участка записывается в виде:

$$\sigma_{bi} = \nu_b E_b \varepsilon_{bi}$$

Связь между деформациями и напряжениями для j -ого арматурного стержня принимается с учетом сцепления арматуры с бетоном:

$$\sigma_{sj} = \nu_s E'_s \varepsilon_{sj}$$

В соответствии с принятой гипотезой плоского деформирования продольные относительные деформации по середине элементарных участков A_{bi} и A_{sj} , подчиняются зависимостям:

$$\varepsilon_{bi} = \varepsilon_z - k_x x_i$$

$$\varepsilon_{sj} = \varepsilon_z - k_x x_j$$

где ε_z - деформации (или их приращения) продольной координатной оси элемента k_x -кривизна (или ее приращение) этой оси.

Далее представим результаты расчетов прямоугольного поперечного сечения испытанной железобетонной балки, на основе действительных нелинейных деформационных зависимостей бетона и арматуры.

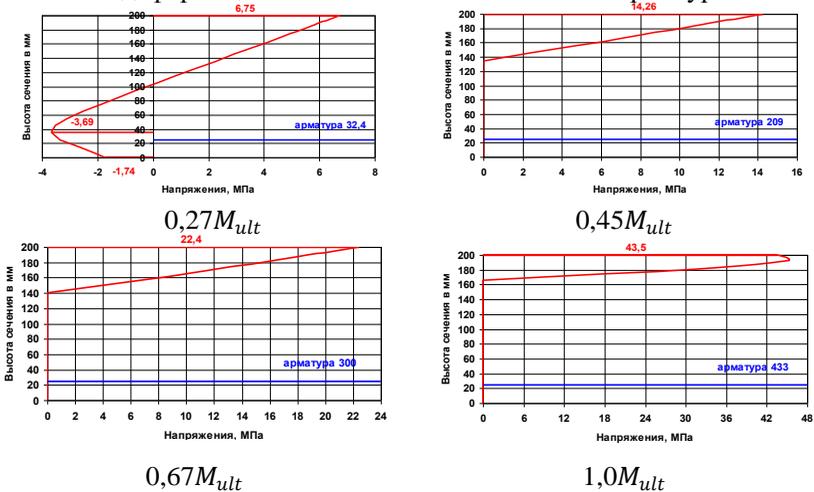


Рис. 2. Напряжения по высоте нормального сечения при различных уровнях нагружения

В момент разрушения по нормальному сечению балки арматура достигает предела текучести (опытное значение - 433 МПа). Бетон сжатой зоны разрушается достигая максимальных напряжений равных призмочной прочности (опытное значение - 45,41 МПа). При этом на крайней сжатой грани напряжения равны 43,5 МПа, что меньше призмочной прочности. Таким образом, проявляется нисходящий участок диаграммы деформирования сжатого бетона. Разрушение пластическое.

1. Проведенный анализ напряженного состояния изгибаемого элемента на основе полных равновесных диаграмм, то есть по деформационной модели, показал удовлетворительное соотношение с опытными данными.

2. Расчет с помощью полных равновесных диаграмм позволяет оценить изменение напряженно-деформированного состояния нормального сечения железобетонных балок от начала их нагружения до момента разрушения

БИБЛЕОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Карпенко Н.И. и др.* К построению методики расчета стержневых элементов на основе диаграмм деформирования материалов // Совершенствование методов расчета статически неопределимых железобетонных конструкций. – 1987. С. 103-107.

2. *Карпенко Н.И. и др.* Анализ и совершенствование криволинейных диаграмм деформирования бетона для расчета железобетонных конструкций по деформационной модели // Промышленное и гражданское строительство. № 1–2013. С. 28-30.

3. *Карпенко Н.И. и др.* Исходные и трансформированные диаграммы деформирования бетона и арматуры // Напряженно-деформированное состояние бетонных и железобетонных конструкций. М. НИИЖБ. – 1986, С.7-25.

4. *Михайлов В.В.* Расчет прочности нормальных сечений изгибаемых элементов с учетом полной диаграммы деформирования бетона // Бетон и железобетон. № 3 – 1993. С. 26.

5. *Тамразян А.Г.* Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов при динамическом нагружении в условиях огневых воздействий. Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 29-35.

ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В данной работе рассматривается моделирование железобетонной балки объемными конечными элементами с учетом нелинейной работы [1] бетона, а также производится сравнительный анализ результатов компьютерного расчета с результатами реальных испытаний данной модели. Расчетная модель реализована в ПК "ЛИРА-САПР».

В качестве объекта моделирования рассматривается железобетонная статически определимая балка [2] прямоугольного сечения, данные об испытаниях которой приведены в [3]. Нагрузка прикладывается симметрично, ступенями по 10 % от нагрузки разрушения, на начальных этапах нагружения до момента трещинообразования, а также по мере приближения к предельному состоянию, нагрузка прикладывается учащенными ступенями по 5% от величины разрушающей нагрузки аналогично испытаниям модели. На рис.1 представлена расчетная схема рассматриваемой балки.

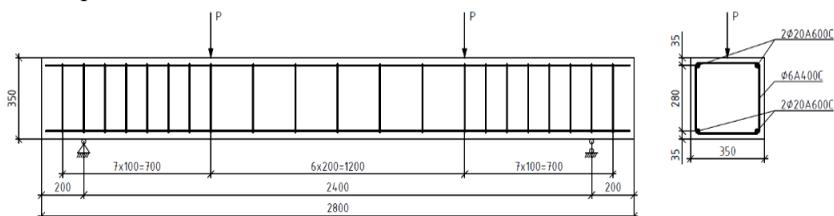


Рис. 1. Расчетная схема железобетонной балки

В качестве отражения взаимосвязи напряжений и деформаций в бетоне использована трехлинейная диаграмма деформирования [4].

Деформационные Характеристики бетона приняты по результатам испытаний [4] образцов-призм (10х10х40см). Значения предельных относительных деформаций бетона назначены в соответствии с п. 6.1.14 [3].

В качестве диаграммы деформирования арматуры принята двухлинейная диаграмма Прандтля для арматуры с физическим пределом текучести.

Характеристики арматуры А600С назначены по табл. 6.14 [3]. Значения относительных деформаций арматуры приняты по п. 6.2.12 [3].

Таблица 1

Расчетные характеристики материалов

№ п/п	Параметр	Значение
Характеристики бетона		
1	Расчетное сопротивление осевому сжатию для предельных состояний первой группы, R_b , МПа	35,72
2	Расчетное сопротивление осевому растяжению для предельных состояний первой группы R_{bt} , МПа	3,06
3	Начальный модуль упругости на сжатие и растяжение E_b , МПа	28700
4	Удельный вес, кН/м^3	24,5
5	Коэффициент Пуассона, ν	0,18
Характеристики арматуры (А600С)		
1	Расчетное сопротивление сжатию для предельных состояний первой группы, R_{sc} , МПа	470
2	Расчетное сопротивление растяжению для предельных состояний первой группы, R_s , МПа	520
3	Модуль упругости E_s , МПа	200000
4	Удельный вес, кН/м^3	79
5	Коэффициент Пуассона, ν	0,25

Балка замоделирована объемными конечными элементами типа 231. Арматура замоделирована стержнями, тип конечного элемента 210. В качестве закона нелинейного деформирования принимается кусочно-линейный закон деформирования. Законы нелинейного деформирования материалов приведены на рис.3.

Нелинейные загрузки конструкции реализованы простым шаговым методом.

Минимальное число итераций принято равным 300, заданная точность итераций – 1%.

Расчетные характеристики материалов приведены в таблице 1.

Для сравнения результатов компьютерного расчета и эксперимента рассмотрены прогибы в середине балки (рис. 3).

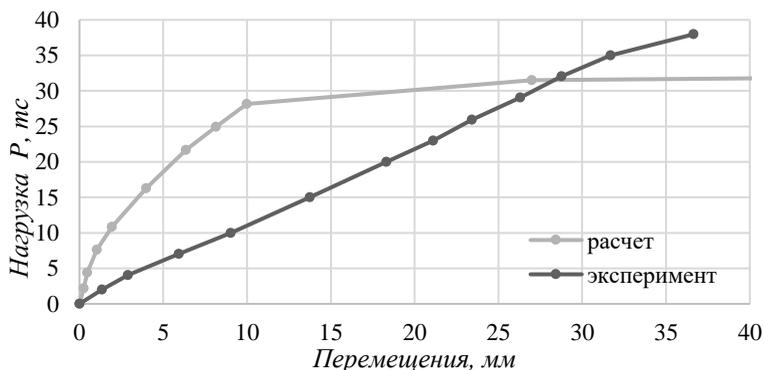


Рис. 3. Графики перемещений середины балки

Сравнение графиков показывает неудовлетворительную сходимость результатов расчета с экспериментальными данными, следовательно, необходима корректировка использованной методики, прежде всего в части назначения характеристик диаграмм деформирования материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Тютин А.П.* Нелинейное деформирование и несущая способность применяемых в мостостроении железобетонных плитно-балочных систем со смешанным армированием / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Воронеж., 2014. – 21 с.
2. *Трекин Д.Н.* Расчет нелинейного деформирования и трещиностойкости железобетонных изгибаемых элементов. / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 2020. – 170 с.
3. *Тамразян А.Г.* Расчет внецентренно сжатых железобетонных элементов при динамическом нагружении в условиях огневых воздействий. Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 3. С. 29-35.
4. *Адищев В.В.* Применение нелинейных диаграмм деформирования бетона для расчета напряженно-деформированного состояния в железобетонной балке численно-аналитическим методом // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2017. – № 1(697). – С. 5-17
5. *Николаев В.Б.* и др. Экспериментальные исследования железобетонных конструкций АЭС с модифицированными петлевыми стыками на крупномасштабных железобетонных моделях балочного типа // Безопасность энергетических сооружений. 2016. № 1. С. 66-81.

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НАДСТРОЙКИ ЗДАНИЯ

В современном строительстве часто возникает необходимость в модернизация существующих зданий. Надстройка – распространённый вид реконструкции, который является одним из самых сложных.

В настоящей статье проводится сопоставительный анализ вариантов численного моделирования процесса надстройки здания. Цель исследования – определение влияния варианта численного моделирования на результаты расчета. Анализ выполняется с использованием программного комплекса “ScadOffice”.

Этапность возведения может существенно повлиять на работу железобетонных конструкций, особенно в зоне надстройки, поэтому ее учет является важной задачей при проектировании. Анализ несущей системы в рамках всего жизненного цикла здания должен учитывать, что расчетная схема существует в нескольких состояниях, отличающихся расчетными моделями. Каждая такая модель содержит изменяющиеся факторы, включая напряженно-деформируемое состояние (НДС), и каждый последующий вариант НДС – наследник предыдущего варианта НДС. В таком случае, анализ одного из возможных расчетных вариантов не может учесть факт НДС, которое сформировалось на предшествующем этапе. Тогда корректный расчет будет произведен в режиме многоэтапного расчета с наследованием НДС от этапа к этапу. Это осуществимо в форме расчетной технологии «Монтаж» [1-2].

Процесс возведения надстройки можно разделить на несколько этапов: возведение основного здания, приостановление строительства и возведение надстройки. Так для исследования выбраны три варианта численного моделирования:

- 1) моделирование с учетом этапности и пересчетом НДС до и после возведения надстройки;
- 2) моделирование с учетом этапности и пересчетом НДС после возведения надстройки;
- 3) моделирование без учета этапности возведения.

В период возведения основного здания и надстройки основание принимается условно жестким, а в период эксплуатации деформационные характеристики основания устанавливаются расчетными.

Результаты расчетов показали отличие в перемещениях и армировании, анализ представлен на графике и рисунке на рис.1, рис.2.

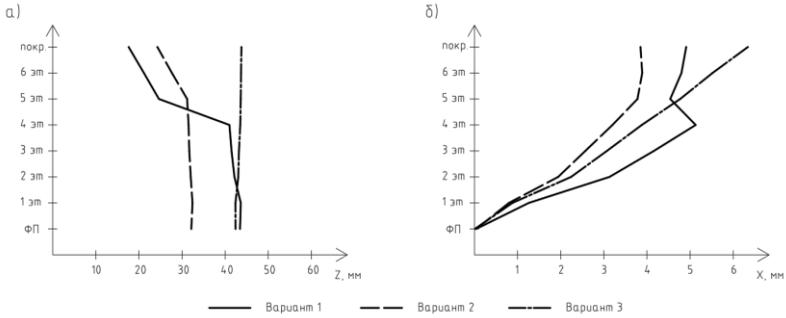


Рис. 1. Графики зависимости перемещения от этажности:
 а) перемещения по X;
 б) перемещения по Z.

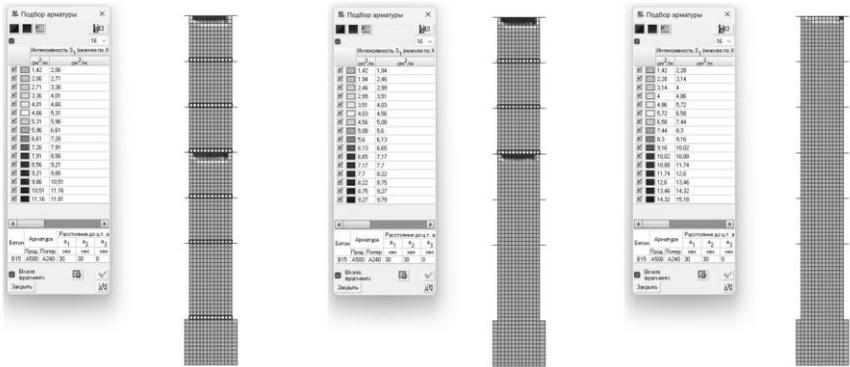


Рис. 2. Изополя армирования фрагмента стены для трех вариантов соответственно

Таблица 1.

Сопоставительный анализ данных по модели

Модель 1				Модель 3			
максимальные перемещения нижнего правого угла				максимальные перемещения нижнего правого угла			
Перекрытия	z, мм	y, мм	x, мм	Перекрытия	z, мм	y, мм	x, мм
ФП	-43,45	-0,0043	0,04	ФП	-42,41	-0,004	0,01
1 эт	-43,62	0,2	1,26	1 эт	-42,39	0,06	0,88
2 эт	-42,15	-0,04	3,13	2 эт	-43,04	-0,14	2,24
3 эт	-41,48	-0,16	4,16	3 эт	-43,2	-0,23	3,07
4 эт	-40,99	-0,23	5,13	4 эт	-43,5	-0,31	3,88
5 эт	-24,64	-0,26	4,54	5 эт	-43,61	-0,38	4,77
6 эт	-21,16	-0,29	4,8	6 эт	-43,68	-0,46	5,52
покрытие	-17,62	-0,29	4,91	покрытие	-43,78	-0,53	6,34

Учет этапности возведения здания (надстройки) при моделировании переходной расчетной ситуации вносит существенные изменения в итоговые результаты определения НДС, что в целом соответствует реальному поведению конструкции.

Основную опасность одностадийного (упрощенного) расчета представляет:

1. Некорректные результаты в зоне стыка надстраиваемой части и существующего здания (как правило, жесткая заделка надстраиваемой конструкций и как следствие не корректные усилия, перемещения);
2. Возможный дефицит армирования в вертикальных конструкциях надстраиваемой части за счет перераспределения усилий в стенах (за счет перераспределения изгибающих моментов на ниже расположенные конструкции в месте «присоединения» надстраиваемой части)
3. Ложные результаты общих деформаций здания и НДС цокольной части (в особенности фундамента, т.к. начальное здание имеет определенную жесткость к моменту накопления итоговых деформаций и соответственно надстройка «опирается» на уже деформированную конструкцию и основание)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Перельмутер А.В., Кабанцев О.В., Пичугин С.Ф.* Основы метода расчетных предельных состояний // Издательство АСВ, 2019 – 240 с.
2. *Кабанцев О.В., Тамразян А.Г.* Учет изменений расчетной схемы при анализе работы конструкции // Инженерно-строительный журнал. 2014. №5. С.15-26.
3. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Behavior of compressed reinforced concrete columns under thermodynamic influences taking into account increased concrete deformability. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 21, Construction - The Formation of Living Environment. 2018. С. 052034.
4. *Тамразян А.Г., Арутюнян С.Н.* К оценке надежности сталежелезобетонных плит перекрытий с профилированными настилами. Вестник гражданских инженеров. 2015. № 6 (53). С. 52-57.
5. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. В сборнике: XXV Polish – Russian – Slovak Seminar “Theoretical Foundation of Civil Engineering”. Сер. "Procedia Engineering" 2016. С. 721-725.

К ОЦЕНКЕ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ БАЛОК ИЗ ЛЕГКОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА

Одним из новых конструкционных материалов является легкий высокопрочный бетон. Он сочетает в себе положительные свойства легких и высокопрочных бетонов. Появление легкого высокопрочного бетона стало возможным при использовании новых технологий производства заполнителей и подбора состава бетона. Такой состав содержит большое количество связующего, малое количество воды, дополнительные связующие материалы и специальные пластификаторы. Легкий высокопрочный бетон имеет плотность в сухом состоянии менее 2000 кг/м^3 и прочность на сжатие более 40 Мпа [1-2].

Легкий высокопрочный бетон уникален тем, что способен выдерживать такую же нагрузку, как тяжелый бетон, имея при этом более низкую плотность. Это свойство позволяет облегчать конструкции, уменьшая при этом собственный вес зданий и сооружений. Легкий высокопрочный бетон находит применение в высотном строительстве, строительстве мостов и большепролетных зданий [2].

Для расчета железобетонного элемента реализуется нелинейная деформационная модель, рекомендованная СП 63.13330.2018. Большим преимуществом этой модели является возможность оценки состояния конструкций на всех этапах жизненного цикла здания – от возведения до реализации возможных предельных состояний [3-4].

Для алгоритма была выбрана простейшая конструкция – железобетонная балка, работающая на изгиб, с одиночным армированием. Расчетная модель, с аналогичной разбивкой по слоям [3-5], представлена на рис. 1.

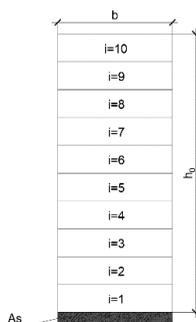


Рис. 1. Расчетная модель балки

Для получения данных о напряжениях, деформациях, модуле деформаций в каждом расчетном слое запрограммирован алгоритм в программе Python. Это позволит мне получить данные об изменениях в каждом «слое» балки. Реализуемый алгоритм цикла:

Для $1 \leq i \leq n$:

$$E'_i = E_b; F_i = \frac{bh_0}{n}; y_i = (i - 0,5) \frac{h_0}{n}$$

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n E'_i F_i y_i}{\sum_{i=1}^n E'_i F_i}$$

$$I = \sum_{i=1}^n E'_i F_i (y - y_i)^2$$

$$\varepsilon_i = M \frac{y - y_i}{I}$$

Если $\varepsilon_i < -0,01$ – окончание цикла, в связи с достижением заданной точности.

$$\text{Если } \varepsilon_i < 0 \quad \sigma_i = -1,1R_b \left[1 - \frac{1}{\exp\left(\frac{0,9E_b\varepsilon_i}{R_b}\right)} \right]; E'_i = \frac{\sigma_i}{\varepsilon_i}$$

Если $\varepsilon_i > 0$, то растянутые слои в дальнейшем расчете не участвуют.

Здесь R_b – прочность бетона на сжатие; E_b – начальный модуль упругости бетона; E'_i – секущий модуль деформации бетона i -ого слоя; F_i – площадь i -ого слоя; y_i – центр тяжести i -ого слоя; y – центр тяжести всего сечения балки; I – момент инерции; b – ширина сечения; h_0 – высота от верхней грани до центра арматуры; M – действующий момент; ε_i – деформации i -ого слоя; σ_i – напряжения i -ого слоя.

Для сравнения результатов предложена диаграмма для сжатого легкого высокопрочного бетона [6]:

$$\sigma = R_b \left[1 - e^{-\frac{E_0 \varepsilon}{R_b}} \right],$$

Здесь R_b – прочность бетона на сжатие; E_0 – начальный модуль упругости бетона; ε – деформации бетона.

На Рис. 2 представлено сравнение диаграмм «напряжения-деформации» для тяжелого бетона В30 и легкого высокопрочного бетона В100 с прочностью на сжатие 47,5 МПа и начальным модулем упругости 24375 МПа. Для арматуры предлагается упрощенная кусочно-линейная зависимость по типу диаграмм Прандтля рекомендованная СП 63.13330.2018.

Реализованный алгоритм позволит на основе нелинейной деформационной модели получить полную картину напряженно-деформированного состояния по высоте поперечного сечения и оценить преимущества легкого высокопрочного бетона.

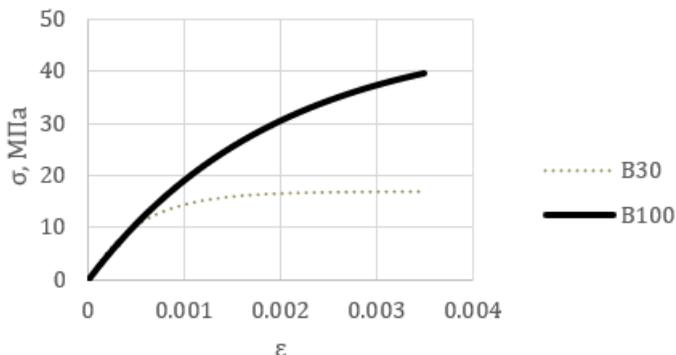


Рис. 2. Сравнение диаграмм «напряжения-деформации» для тяжелого и легкого высокопрочного бетонов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Kockal N.U., Ozturan T.* Strength and elastic properties of structural lightweight concretes// *Materials & Design*, Volume 32, Issue 4, April 2011, p. 2396-2403.
2. *Sifan M., Nagaratnam B., Thamboo J., Poologanathan K., Corradi M.* Development and prospective of lightweight high strength concrete using lightweight aggregates// *Construction and Building Materials*, 2023, Volume 362, 2 January, 129628.
3. *Карпенко Н.И., Соколов Б.С., Радайкин О.В.* Анализ и совершенствование криволинейных диаграмм деформирования бетона для расчета железобетонных конструкций по деформационной модели// *Промышленное и гражданское строительство*, 2013, № 1, с. 28-30.
4. *Трекин Н.Н., Алексейцев А.В., Бобров В.В., Домарова Е.В.* Расчет железобетонных изгибаемых конструкций на основе нелинейной деформационной модели// учебно-методическое пособие, М, МГСУ, 2023.
5. *Тамразян А.Г., Арутюнян С.Н.* К оценке надежности сталежелезобетонных плит перекрытий с профилированными настилами. *Вестник гражданских инженеров*. 2015. № 6 (53). С. 52-57.
6. *Tamrazyan A., Alekseytsev A.* Evolutionary optimization of reinforced concrete beams, taking into account design reliability, safety and risks during the emergency loss of supports. В сборнике: *E3S Web of Conferences*. 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. 2019. С. 04005.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ПОЛЗУЧЕСТЬ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ НАГРУЖЕНИЯ.

Экспериментальные исследования

Железобетонные конструкции, которые подвергаются длительной нагрузке, со временем в последствии деформируются. Это связано с ползучестью бетона. При напряжениях (45...50)% от призменной прочности бетона при длительном нагружении проявляется нелинейная ползучесть. Это приводит к тому, что при расчете железобетонных конструкций необходимо учитывать влияние уровня напряжений в сжатом бетоне на коэффициент ползучести. Целью данной работы являлось экспериментальное исследование влияния уровня нагружения на коэффициент ползучести водонасыщенного бетона.

Были проведены исследования ползучести бетона. В качестве образца был использован тяжелый модифицированный бетон. В его состав входили газовыделяющая добавка ГКЖ-94 и суперпластификатор С-3. Образцы были изготовлены в металлической опалубке и их размер составил 10x10x40 см. Испытуемые бетонные призмы выдерживали в течении 28 суток при температуре + (20 ± 5) °С и относительной влажности 80 %, а после 120 суток образцы водонасыщались.

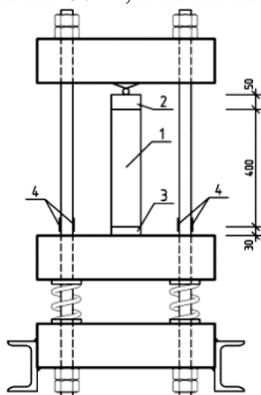


Рис.1. Силовая установка для испытания призм при длительной нагрузке

1 – бетонная призма; 2 – металлическая пластина $\delta = 50\text{мм}$; 3 –
металлическая пластина $\delta=30\text{мм}$; 4 – тензодатчики

После выдерживания образцы загрузались постоянной длительно действующей нагрузкой. Общая продолжительность испытания составила 320 суток.

Результаты исследования

Таблица 1. Характеристики бетона в возрасте 28 и 120 сут.

τ_1 , сут	R_b , МПа	$E_b \cdot 10^{-3}$, МПа	R_{crc}^0 , МПа	$\frac{R_{crc}^0}{R_b}$	R_{crc}^v , МПа	$\frac{R_{crc}^v}{R_b}$	$\epsilon_{b0} \cdot 10^5$
28	35,10	31,9	15,05	0,43	28,52	0,81	190
120	45,4	33,41	19,52	0,43	37,23	0,82	185

На рис. 2 – 4 представлены графики изменения показателей бетона различных уровнях нагружения, (0,35; 0,60; 0,80; 0,90)R_b. Исходя из данных видно, что повышение уровня нагружения способствует интенсивному развитию деформаций ползучести, а так же можно заметить рост меры и коэффициента ползучести.

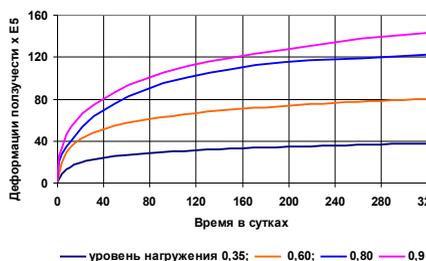


Рис.2. Деформации ползучести бетона при различных уровнях нагружения

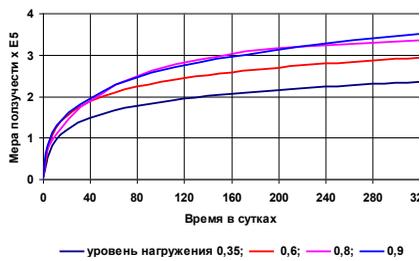


Рис.3. Мера ползучести бетона при различных уровнях нагружения

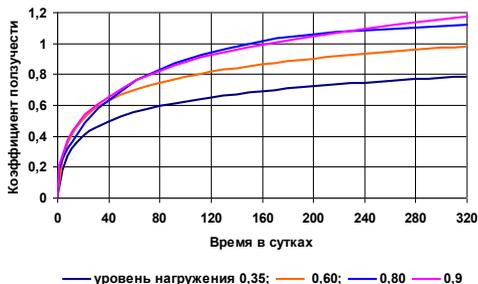


Рис.4. Коэффициент ползучести бетона при различных уровнях нагружения

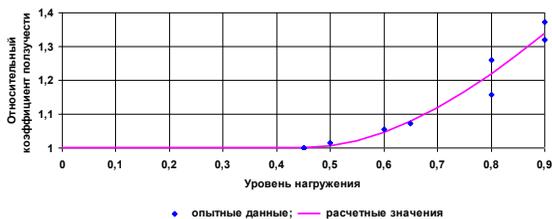


Рис.5. Зависимость относительного предельного коэффициент ползучести ($k = \phi_{b,cr}/\phi_{0b,cr}$) бетона от уровня нагружения

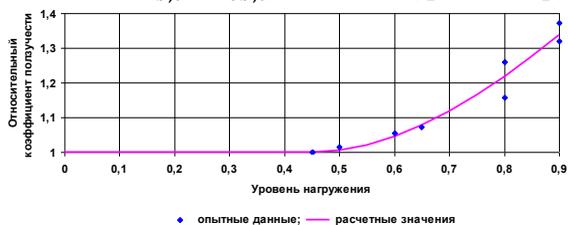


Рис.6. Зависимость предельного коэффициента ползучести бетона от уровня нагружения

Выводы

На основании проведенных анализов и опытных данных, предложены зависимости, отражающие влияние уровня нагружения, класса бетона по прочности на сжатие и относительной влажности окружающей среды на предельное значение коэффициента ползучести сжатого бетона.

Представленные результаты расчета и опытных значений имеют удовлетворительную сходимость. Полученные результаты показали, что предельное значение коэффициента линейной ползучести испытанного бетона оказалось равным 1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щербаков Е.Н., Ажидинов С.С. Экспериментальное обоснование зависимости ползучести цементных бетонов от уровня сжимающих напряжений //Бетон и железобетон. -1994. №3. - С.18-21.
2. Тамразян А.Г., Есаян С.Г. Механика ползучести бетона : монография. Москва : МГСУ, 2012. — 524 с.
3. Васильев П.И. Нелинейные деформации ползучести бетона // Изв. ВНИИГ, 1971. — Т. 95. — С. 59—69.
4. Берг О.Я., Рожков А.И. К расчету нелинейной ползучести бетона //Бетон и железобетон. -1967. №9.
5. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н. Высокопрочный бетон. М.: Стройиздат, 1971. 207с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ВОЗРАСТАЮЩЕЙ НАГРУЗКЕ

Железобетонные элементы широко используются в строительстве зданий и сооружений различных назначений.

В железобетонных элементах используются такие материалы как стальная арматура, работающая упруго и бетон, который работает как упругопластический материал и под действием внешней нагрузки, может деформироваться во времени. Такая способность в бетоне носит название ползучести. При эксплуатации железобетонных конструкций может увеличиваться уровень напряжений в бетоне сжатой зоны [1-6]. Это приводит к росту деформаций ползучести.

Цель исследований: экспериментальное исследование влияния ступенчатого увеличения длительной нагрузки на напряженно деформированное состояние центрально сжатых железобетонных элементов.

Опытные образцы и методика испытаний

В качестве опытных образцов использовались бетонные и железобетонные призмы размером 10 x 10 x 40 см. Железобетонные призмы армировались четырьмя стержнями диаметром 8 мм класса А500С.

Бетонные и железобетонные призмы помещались в силовую установку, центрировались и нагружались до уровня напряжений $0,2R_b$. Деформации в ходе кратковременного нагружения и длительного испытания замерялись с помощью тензорезисторов базой 50 мм. Возраст бетона к началу испытаний - 120 суток.

На рис.1 представлен график продолжительности уровней ступенчатого увеличения длительной нагрузки в процессе испытаний.

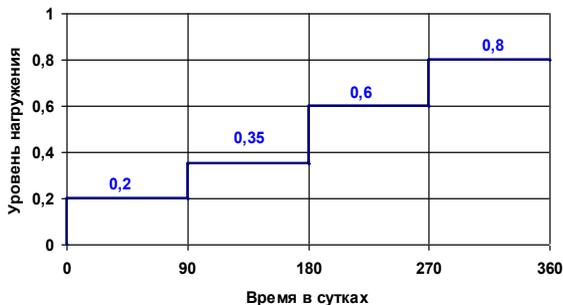


Рис. 1. Продолжительность уровней нагружения в эксперименте

Увеличение нагрузки осуществлялось ступенями, уровень напряжений в бетоне в которых составлял $0,2R_b$, $0,35R_b$, $0,6R_b$, $0,8R_b$. Продолжительность каждого уровня нагружения составлял 90 суток.

Результаты испытаний

По результатам кратковременного испытания призм на центральное сжатие строилась диаграмма работы, представленная на рис.2.

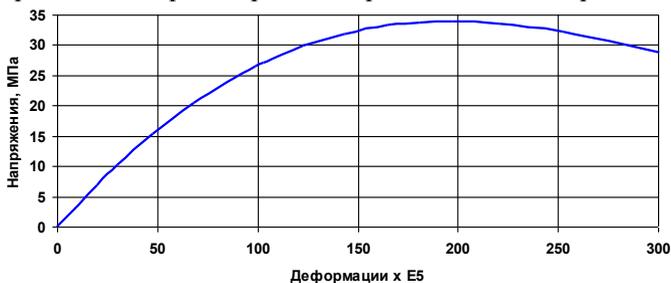


Рис.2. Диаграмма работы бетона при кратковременном сжатии

На основании полученной диаграммы принимались соответствующие уровни начального нагружения и догружения в ходе эксперимента.

На рис.3, 4, 5 предоставлены результаты испытаний бетонных и железобетонных призм в виде соответствующих диаграмм.

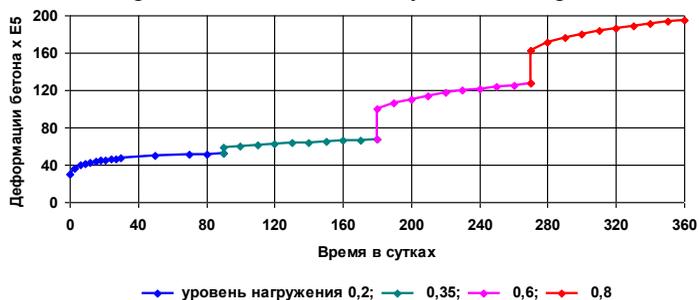


Рис.3. Деформации бетонных призм в процессе догружения

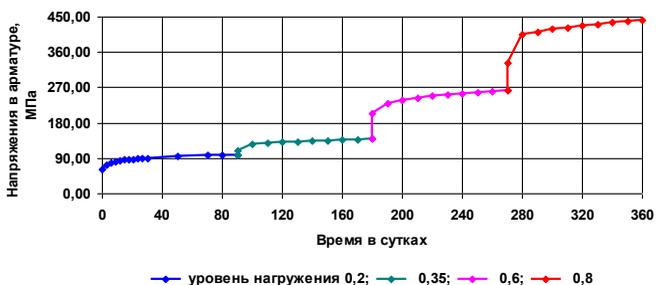


Рис.4. Напряжения в арматуре железобетонных призм

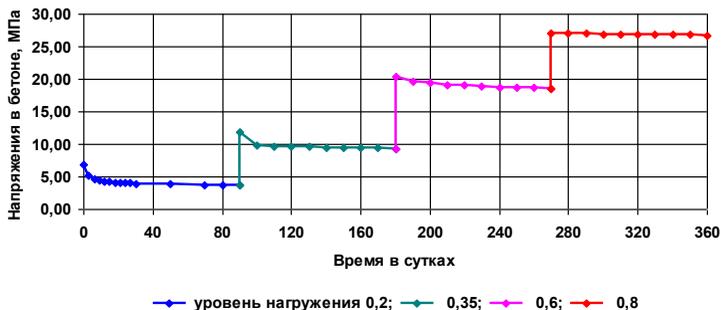


Рис.5. Напряжения в бетоне железобетонных призм

Анализ полученных результатов показал, что с течением времени длительных испытаний наблюдается: увеличение напряжений в сжатой арматуре с 61 МПа до 441 МПа; уменьшение напряжений в бетоне на 10...30% на каждом этапе выдержки после догружения.

Выводы

1. Ступенчатое увеличение нагрузки при длительном нагружении приводит к увеличению деформаций ползучести по сравнению начальным уровнем нагружения. В проведенных исследованиях это увеличение составило 3,84 раза.

2. С течением времени испытаний наблюдается уменьшение напряжений в бетоне и увеличение напряжений в арматуре на каждом этапе выдержки после догружения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бондаренко С.В.* Теория сопротивления строительных конструкций режимным нагружения. М.: Стройиздат, 1984. 392 с.
2. *Тамразян А.Г., Есаян С.Г.* Механика ползучести бетона: монография. М.: МГСУ, 2012. 524 с.
3. *Щербаков Е.Н., Ажидинов С.С.* Экспериментальное обоснование зависимости ползучести цементных бетонов от уровня сжимающих напряжений // Бетон и железобетон. 1994. №3. С.18-21.
4. *Карпенко Н.И., Ерышев В.А., Латышева Е.В.* Методика расчета параметров деформирования бетона при разгрузке с напряжений сжатия // Вестник МГСУ. 2014. № 3. С.168-178.
5. *Завьялова О.Б., Шейн А.И.* Расчет быстровозводимых монолитных железобетонных каркасов с учетом физической нелинейности, твердения и ползучести бетона // Строительство и реконструкция. 2014. №4(54). С.11-16.
6. *Завьялова О.Б.* Учёт истории нагружения монолитных железобетонных плитно-стержневых систем при определении напряженного состояния их элементов // Промышленное и гражданское строительство. 2012. №7. С.58-61.

Студенты 5 курса 61 группы ИПГС Горнова П.Ю., Манвелянц Д.А., Григоркина Н.П.

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук О.А. Симаков

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ТРИАНГУЛЯЦИИ НА КОНЕЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДБОРА АРМИРОВАНИЯ С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЯ СУММЫ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ

В советский период, как и в наши дни, при разработке методов расчета и внедрении конструктивных решений первоочередное внимание уделялось стержневым элементам [3-5]. В связи с этим, для расчета плит на поперечные силы применялись различные допущения и методы, основанные на стержневой аналогии, либо же проводился только расчет на продавливание. Метод расчета плит на поперечные силы был введен в современные строительные нормы сравнительно недавно. Это сразу же вызвало множество споров.

$$\frac{Q_x}{Q_{x,ult}} + \frac{Q_y}{Q_{y,ult}} \leq 1 \quad (8.106)$$

При анализе формулы 8.106 [1] выявляется несоответствие с реальным механизмом разрушения элементов при действии поперечной силы. Это приводит к неоправданному завышению расчетной несущей способности при строительстве современных зданий и сооружений.

После введения метода расчета плит на поперечные силы в расчетном комплексе SCAD было реализовано использование формулы 8.106 [1]. Данная функция позволяет учесть перераспределение усилий в приопорных элементах, форма которых сильно отличается от прямоугольной.

Для доказательства данного тезиса проанализируем трехузловую и четырехузловую триангуляции для подбора армирования.

Разбиение на трехузловые элементы нужно при моделировании плит сложной непрямоугольной (эллиптической) формы, где иное разбиение невозможно. При моделировании зданий прямоугольной формы целесообразно использовать разбиение на четырехузловые элементы, которые хорошо рассчитываются численными методами и согласуются с координатными осями.

Триангулирование трехузловыми элементами без учета ограничения суммы относительных значений поперечных сил

При подборе армирования в SCAD появляется ошибка «Размеры сечения не обеспечивают прочность бетона при действии поперечных сил». Это значит, что значения поперечных сил в приопорной зоне

пилона велики (Рис. 1.). Так как в SCAD расчет производится по деформациям, то расчет поперечных сил происходит через вычисление производных численными методами. Из-за трехузловой триангуляции значения производных получаются очень неточными. Соответственно, значения поперечных сил значительно больше, чем реальные. Поэтому в зонах, где плотность продольного или поперечного армирования превышена, расчет не проходит (Рис. 2.).

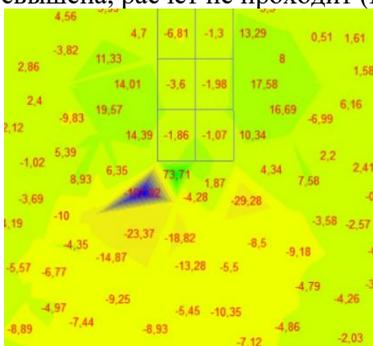


Рис. 1. Значения Q_y при трехузловой триангуляции

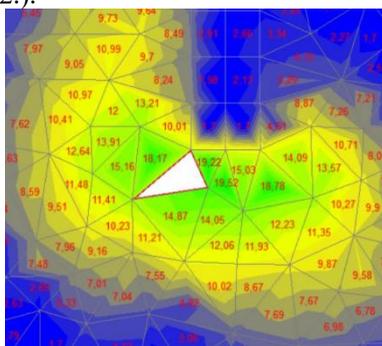


Рис. 2. Верхнее продольное армирование S_4 по оси Y при трехузловой триангуляции без учета формулы 8.106 [1]

Триангулирование четырехузловыми элементами без учета ограничения суммы относительных значений поперечных сил

В приопорной зоне пилона значения поперечных сил приближены к реальности. Подбор арматуры проводится корректно как для поперечной, так и для продольной арматуры (Рис. 3.)

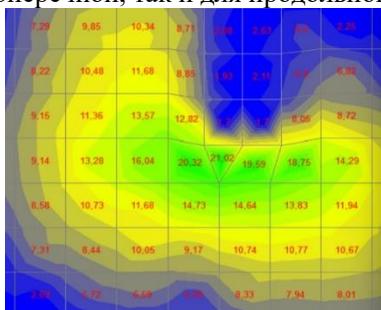


Рис.3. Верхнее продольное армирование S_4 по оси Y при четырехузловой триангуляции без учета формулы 8.106 [1]

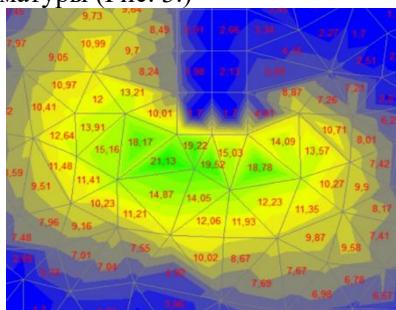


Рис.4. Верхнее продольное армирование S_4 по оси Y при трехузловой триангуляции с учетом формулы 8.106 [1]

Триангулирование трехузловыми элементами с учетом ограничения суммы относительных значений поперечных сил

Значения поперечных сил с учетом формулы 8.106 [1] идентичны значениям без учета данной формулы (Рис. 1.) Использование функции SCAD помогает включить в расчет те элементы, которые до этого выпадали. Продольное армирование подбирается корректно (Рис. 4.). Значения армирования в приопорной зоне приближены к результатам четырехузловой триангуляции без учета формулы 8.106 [1].

Триангулирование четырехузловыми элементами с учетом ограничения суммы относительных значений поперечных сил

Разница подбора армирования по сравнению со случаем четырехузлового триангулирования без учета формулы 8.106 СП минимальна. Чтобы избежать ложных результатов, выражающихся либо в невозможности подбора арматуры, либо в завышенных значениях продольного армирования, необходимо использовать 8.106 СП 63.13330.2018.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. М., 2019, 65 с.
2. *Байков В.Н., Сигалов Э.Н.* Железобетонные конструкции. Общий курс. М.: Стройиздат, 1991, 768 с.
3. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Behavior of compressed reinforced concrete columns under thermodynamic influences taking into account increased concrete deformability. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 21, Construction - The Formation of Living Environment. 2018. С. 052034.
4. *Tamrazyan A., Alekseytsev A.* Evolutionary optimization of reinforced concrete beams, taking into account design reliability, safety and risks during the emergency loss of supports. В сборнике: E3S Web of Conferences. 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. 2019. С. 04005.
5. *Тамразян А.Г., Алексейцев А.В.* Эволюционная оптимизация нормально эксплуатируемых железобетонных балочных конструкций с учетом риска аварийных ситуаций. Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 9. С. 45-50.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ВНЕШНИХ СВЯЗЕЙ НА РЕЗУЛЬТАТ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ЗДАНИЯ И ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ

Согласно требованиям [1] при расчете зданий необходимо учитывать совместную работу между «сооружением – фундаментом - основанием». При этом моделируется вертикальная составляющая взаимодействия, которая обуславливается откликом грунтового основания на внешнее давление от здания. Для обеспечения такого взаимодействия, например для плитного фундамента, определяются коэффициенты постели в узлах конечного элемента, который является аппроксимацией фундаментной плиты [2-3].

Для определения коэффициентов постели используется итерационный метод. На первой итерации принимается предполагаемое значение коэффициента постели, затем при известных реакциях основания R_z производится перерасчет модели и вычисляется фактическое значение коэффициента постели, которое может изменяться.

Для обеспечения геометрической неизменяемости здания в горизонтальных направлениях (вдоль осей X и Y) следует наложить граничные условия в плоскости фундаментной плиты. Как известно, для обеспечения геометрической неизменяемости тела на плоскости достаточно наложить 3 связи, не пересекающиеся в одной точке. При этом четких рекомендаций по закреплению в плоскости XU отсутствуют в нормативной документации.

С целью исследования расчетной схемы и влияния различных видов закрепления на примере двух расчетных моделей (многоэтажного и высотного здания) были рассмотрены следующие варианты закреплений:

Закрепление всех точек фундаментной плиты связями XU ;

Закрепление 2 угловых противоположных точек фундаментной плиты связями XU ;

Закрепление одной грани фундаментной плиты, параллельной OY связями в направлении X , другой грани, параллельной OX связями в направлении Y ;

2 варианта закрепления схемы 51 конечным элементом (связью конечной жесткости) с различным значением жесткости в направлении X и Y (1 вариант - 2 т/м, 2 вариант - 70 т/м).

После выполнения расчета с использованием различных условий закрепления по осям X и Y, но при одинаковых других внешних условиях (модель грунта, сочетание нагрузок и т.д.) отличия в коэффициентах постели и, следовательно, перемещениях по оси Z будут незначительны.

В зависимости от программного комплекса и самой схемы значение может варьироваться. Однако, в большинстве случаев не будет превышать 3%, что является допустимым (рис. 1).

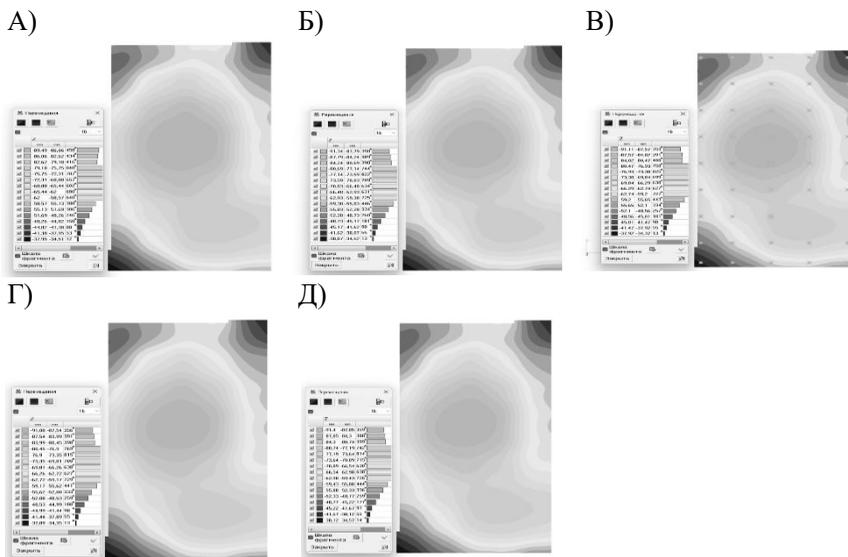


Рис. 1. Результаты расчетов моделей с различным закреплением
А – Все точки; Б – Угловые точки; В – Грани; Г – КЭ 2т; Д – КЭ 70т.

Таблица 1
Перемещения по оси Z в зависимости от закреплений фундаментной плиты по осям XY

Варианты закрепления	Все точки	Угловые точки	Грани	КЭ 51 2т	КЭ 51 70 т
Перемещения по оси Z, мм	89,49	91,34	91,11	91,08	91,4

Однако, разные варианты закрепления могут повлиять на другие важные моменты при проектировании фундаментных плит.

Например, задание связей только в углах может привести к существенным всплескам моментов в этих точках, а следовательно, к повышенному значению армирования, что является не совсем корректно (что было получено на одной из моделей).

Существенное влияние типа закрепления по осям ХУ можно увидеть при расчете высотного здания. Перемещения вдоль осей Х и У от ветровой нагрузки будут значительно отличаться.

Рассмотрено 2 варианта закрепления:

1. Закрепление всех точек фундаментной плиты связями ХУ;
2. Закрепление 2 угловых противоположных точек фундаментной плиты связями ХУ.

Таблица 2

Перемещения в горизонтальном направлении в зависимости от закреплений фундаментной плиты по осям ХУ

Варианты закрепления	Все точки	Угловые точки
Перемещения по оси Х, мм	14,16	49,99
Перемещения по оси У, мм	30,97	36,13

Перемещения по Х будут отличаться на 72%, по У на 14,3%, это значительная разница, которая влияет на проектирование здания.

Как показывает проведенный анализ, при расчете типовых мало- и среднеэтажных зданий различное закрепление по осям Х и У влияет на локальные параметры, но не оказывает существенного воздействия на общий расчет и значения перемещений и усилий. Однако при проектировании высотных зданий закрепление фундаментной плиты в горизонтальном направлении оказывает значительное влияние на перемещения всего здания по горизонтали и модальный анализ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ФЗ от 30.12.2009 N 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений"
2. SCAD Office. Версия 21. Вычислительный комплекс SCAD++: учебное пособие/ В.С. Карпиловский [и др.]. Москва: Издательство "СКАД СОФТ", 2019. 979 с.
3. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона: проблемы, опыт, возможные решения и рекомендации, компьютерные модели, информационные технологии/ А.С. Городецкий [и др.]. Киев: Издательство «Факт», 2004. 106 с.
4. Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A. Behavior of compressed reinforced concrete columns under thermodynamic influences taking into account increased concrete deformability. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 21, Construction - The Formation of Living Environment. 2018. С. 052034.
5. Tamrazyan A., Alekseytsev A. Evolutionary optimization of reinforced concrete beams, taking into account design reliability, safety and risks during the emergency loss of supports. В сборнике: E3S Web of Conferences. 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. 2019. С. 04005.

*Студентка магистратуры 1 года обучения 1 группы ИПГС Демина А.А.
Научный руководитель – зав. кафедрой ЖБК, проф., д-р техн. наук А.Г.
Тамразян*

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРОВ ЖИВУЧЕСТИ

Одним из важных аспектов в строительстве является оценка технического состояния строительных конструкций и зданий. Оценка технического состояния зданий является неотъемлемой частью строительства и имеет принципиальное значение для принятия решений о дальнейшей эксплуатации или проведении необходимых мероприятий [1].

Согласно ГОСТ 31937-2011, на данный момент существуют четыре категории оценки технического состояния: нормативная, работоспособная, ограниченно работоспособная, аварийная.

Нормативное техническое состояние - это состояние, при котором значения всех параметров оценки технического состояния строительных конструкций соответствуют установленным в проектной документации значениям с учетом предельных отклонений. При этом эксплуатация конструкций возможна без ограничений при фактических нагрузках и воздействиях.

Работоспособное техническое состояние - это состояние, при котором некоторые из оцениваемых параметров не соответствуют требованиям проекта или норм, но это не приводит к нарушению работоспособности конструкций при фактических нагрузках и воздействиях. При таком состоянии эксплуатация конструкций возможна без ограничений, однако может потребоваться проведение периодических обследований в процессе эксплуатации.

Ограниченно-работоспособное техническое состояние - это состояние строительной конструкции или здания и сооружения в целом, при котором имеются дефекты и повреждения, влияющие на их несущую способность, но нет угрозы внезапного разрушения, потери устойчивости или опрокидывания. Однако для дальнейшей эксплуатации требуется постоянный контроль технического состояния или проведение работ по восстановлению или усилению конструкций и (или) грунтов основания.

Аварийное состояние - это состояние строительной конструкции или здания и сооружения, при котором имеются серьезные повреждения и деформации, указывающие на нарушение несущей способности и существует опасность обрушения. Также это состояние может характеризоваться кренами, которые могут вызвать потерю устойчивости объекта [2].

Требования к живучести должны быть учтены на этапе проектирования с учетом необходимых мер для защиты от разрушения. Под живучестью понимается способность здания или сооружения сохранять свои эксплуатационные характеристики при возникновении повреждений. Этот термин связан с явлением обрушения, поэтому оценка параметров живучести является анализом рисков возможного обрушения.

На этапе проектирования параметры живучести необходимо проверять для всех элементов, отказ которых ведет к серьезным последствиям. Проводят следующие мероприятия:

- 1) анализ нагрузок и предположение всех событий отказа;
- 2) определение основных систем и элементов;
- 3) оценка устойчивости основных структурных элементов к предполагаемым нагрузкам и дефектам;
- 4) проверка параметров живучести методом «выход из строя основного несущего элемента»;
- 5) доказательство устойчивости за счет увеличения прочности и жесткости ключевых элементов, если невозможно выполнить шаг 4 [3].

Одной из классификаций измерения живучести является детерминированная, которая включает в себя три варианта оценки параметра живучести.

- 1) расчет живучести, который основан на количественной оценке при первоначальном повреждении:

$$R_d = 1 - \frac{\rho}{\rho_{lim}} \quad (1)$$

где R_d – параметр живучести, ρ – максимальный размер дополнительного дефекта, ρ_{lim} – предельный уровень повреждения.

- 2) расчет живучести для избегания зависимости от первоначального дефекта:

$$R_{d,int} = 1 - 2 \int_0^1 [d(i) - i] d_i \quad (2)$$

где $R_{d,int}$ – интегральная мера живучести, которая базируется на повреждении, d_i – максимальное общее повреждение, вызванное начальным повреждением степени i .

- 2) расчет живучести на количестве энергии, высвобождаемой во время разрушения:

$$R_s = 1 - \max_j \frac{E_{r,j}}{E_{f,k}} \quad (3)$$

где R_s – мера живучести, основанная на энергии, $E_{r,j}$ – энергия высвобождаемая при начальном разрушении элемента конструкции j и способствующая повреждению элемента k , $E_{r,k}$ – энергия, необходимая для разрушения впоследствии соударения элемента k .

Однако, для того, чтобы исключить недостаточную чувствительность определения параметров живучести, необходимо нормировать повреждения и конструктивные показатели. Параметр живучести R для определенных характеристик и видов дефектов может определяться площадью под кривой [4, 5]:

$$R = \int_{D=0}^{D=1} f(x)D(x) \quad (4)$$

Предполагаются два возможных варианта расчета для определения связи между оценкой технического состояния здания и параметров живучести. Смысл первого (классического) метода заключается в удалении любых несущих элементов здания, анализ последствий и расчет живучести. Второй вариант представляет собой исключение наиболее уязвимых элементов, которые были подвержены различным факторам (коррозия, неточность расчетов), наблюдение за изменениями технического состояния здания, а затем расчет на живучесть [4-5].

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в разработке подхода, связанного с упрощенным определением технического состояния здания, а также будет доступно использованию предложенного метода расчета и 4 результатов экспериментальных исследований при определении технического состояния здания на основе параметров живучести.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тамразян А.Г. Ресурс живучести – основной критерий проектных решений высотных зданий. Жилищное строительство. Выпуск 1. 2010.
2. Клевко, В.И. Обслуживание и испытание зданий и сооружений. Обследование строительных конструкций: учеб. пособие / В.И. Клевко. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 165 с.
3. Тамразян А.Г. Рекомендации к разработке требований к живучести зданий и сооружений. Вестник МГСУ. 2011. № 2. С. 77-83.
4. Тамразян А.Г. Концептуальные подходы к оценке живучести строительных конструкций, зданий и сооружений. Железобетонные конструкции. 2023. Т. 3. № 3. С. 62–74.
5. Тамразян А.Г., Алексейцев А.В. Эволюционная оптимизация нормально эксплуатируемых железобетонных балочных конструкций с учетом риска аварийных ситуаций. Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 9. С. 45-50.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСЧЕТОВ ПЛОСКИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ

Под физической нелинейностью понимают нарушение линейной зависимости между нагрузкой и перемещениями, которое появляется в результате образования нелинейной зависимости между деформациями составляющих конструкции (или ее в целом) и напряжениями. Для тех случаев, когда физическая нелинейность проявляется при наличии в узловых связях или отдельных частях монолитных железобетонных конструкций неупругих деформаций, то возможно образование трещин в конструкциях, в том числе, и их дальнейшее раскрытие [1].

В расчетах конструкций из монолитного железобетона в программных комплексах нелинейная работа материала может учитываться при помощи задания соответствующих диаграмм деформирования $\sigma-\xi$ [2-4].

Актуальность данной работы состоит в том, чтобы проверить корректность использования понижающих коэффициентов для железобетонных конструкций.

В данной работе было рассмотрено перекрытие из монолитного железобетона. Основными вертикальными несущими элементами являются железобетонные колонны. Шаг колонн в обоих направлениях – 6 метров. Колонны этажей запроектированы с поперечным сечением 400×400 мм.

Перекрытия выполнены в виде монолитной железобетонной плиты толщиной 200 мм. При бетонировании конструкций применяется бетон класса В25 и арматура класса А500.

Полюсные нагрузки 1
Плотность армирования (кг/м²)
Плотность элементов - см

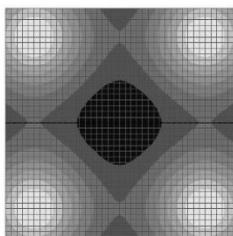
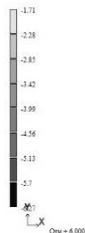


Рис. 1. Фрагмент расчетной
схемы с учетом физической
нелинейности

В редакторе загрузений мы задаем нагрузки на перекрытия, а именно:

- Собственный вес;
- Нагрузку на плиту (длительную);
- Полезную нагрузку (кратковременную).

В жесткостях прописываем параметры конструкций, в том числе и модуль упругости: для бетона В25 начальный модуль упругости 30000000 кН/м², для вертикальных и

горизонтальных конструкций мы задаем его с пониженным коэффициентом (для вертикальных – 0,6; для горизонтальных – 0,3) [5].

Также в местах стыка колонн с перекрытиями задаем АЖТ, и накладываем связи на колонны первого этажа.

После выполнения первого этапа расчета, мы проверяем армирование, где выбираем в качестве фоновой арматуры 10 диаметр с шагом 200 мм, на этом основании далее мы считаем момент трещинообразования M_{cr} для погонного метра перекрытия с арматурой из 5 стержней с диаметром 10.

$$M_{cr} = R_{bt,ser} \cdot W_{pl} = 1850 \cdot 0,00897 = 16,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

После этого, через полифильтр по значению моментов M_x и M_y , настраиваем шкалу и выбираем зоны, которые выше значения момента трещинообразования $M_{cr} = 16,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$, это места, в которых будут образоваться трещины, и в них, в параметрах жесткости, занижаем модуль упругости с коэффициентом 0,2 от начального.

После во второй раз считается конструкция и подбирается окончательное армирование перекрытий.

Для данной модели в местах стыка колонн и перекрытий требуются дополнительные стержни арматуры.

Нелинейный расчет начинается с задания армирования, во вкладке ТЗА необходимо назначить параметры арматуры. Так как мы имеем большое количество арматуры разного диаметра, для среднего перекрытия выделяем 16 зон и назначаем на каждый участок определенные значения. ТЗА автоматически переносится во вкладку жесткостей.

Для расчета также необходимо переопределить тип конечного элемента, в данном случае тип поменяется с 44 на 244.

Во вкладке жесткостей задаем законы деформации для основного материала – бетона (B25) и армирующего материала (A500).

Пересчитываем задачу и сравниваем с полученными результатами линейного расчета [5-7].

Сравнительный анализ, полученных в ходе работы, расчетов показывает, что при проектировании зданий с учетом физической нелинейности, можно увидеть результат отличный от того, который мы видим при традиционном методе расчета, который чаще всего применяется ввиду его более легкого осуществления по сравнению с нелинейным. В данной модели разница результатов незначительна, но в других может сильно повлиять на итог проектирования. Результаты можно увидеть в таблице 1.

Для выявления закономерности требуется дальнейшее исследование. Это позволит проектировщикам и инженерам в строительстве более точно оценить работу здания, выполнить расчеты НДС, а также рационально использовать ресурсы бетона и арматуры [8].

Таблица 1

	Линейный	Нелинейный	Разница [%]
В пролете [кН*м/м]	9,38	11	17,3
У опоры [кН*м/м]	37,6	44	17,0
Прогиб [мм]	7,2	6,1	13,9

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шеин А.И., Завьялова О. Б.* Влияние физической нелинейности бетона на напряженно-деформированное состояние элементов монолитных железобетонных рам, рассчитываемых с учетом истории нагружения Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 6. С. 29-31.
2. *Manaenkov I.K., Savin S.U.* Numerical analysis of the ultimate compressibility of concrete with indirect reinforcement for plotting a stress-strain diagram // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2021. 1030:012090.
3. *Tamrazyan A.G., Chernik V.I., Matseevich T.A., Manaenkov I.K.* Analytical model of deformation of reinforced concrete columns based on fracture mechanics // Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings. 2022. Т. 18. № 6. С. 573-583.
4. *Манаенков И.К., Курнавина С.О.* Построение диаграммы сжатия для бетона с косвенным армированием в рамках теории предельных состояний // Строительство и реконструкция. 2022. № 1 (99). С. 40-47.
5. СП 430.1325800.2018 Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования.
6. *Уткина В. Н., Грязнов С. Ю., Бабушкина Д. Р.* Расчет монолитных железобетонных плит перекрытий высотного жилого комплекса с учетом физической нелинейности.
7. *Городецкий А. С., Барабаиш М.С.* Учет нелинейной работы железобетона в ПК ЛИРА-САПР. Метод «Инженерная нелинейность» // Международный журнал по расчету гражданских и строительных конструкций. – 2016. – № 2 (12). – С. 92-98.
8. *Блохина Н. С.* Проблема учета физической нелинейности при расчете строительных конструкций // Вестник МГСУ. – 2011. – № 6. – С. 384-387.

МОДЕЛИРОВАНИЕ В РАСЧЕТНОЙ СХЕМЕ МНОГОЭТАЖНОГО КАРКАСНОГО ЗДАНИЯ СБОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И УЗЛОВ ИХ СОПРЯЖЕНИЯ

При создании расчетной схемы многоэтажного каркасного здания [1] монолитной конструктивной системы в ПК ЛИРА плоские перекрытия моделируются пластинчатыми элементами (рис. 1а), для ребристого перекрытия модель плоского перекрытия добавляется стержнями-балками (рис. 1б), для кессонного перекрытия пластинчатые конечные элементы в зоне колонн каркаса моделируются пластинчатыми конечными элементами большей толщины (рис. 1в). Задача совмещения верхних граней составных элементов балочного и кессонное перекрытия решается с использованием комнд, соответственно, *жесткие вставки стержней* и *жесткие вставки пластин*. Возможности ПК ЛИРА, реализуемые при моделировании зданий в монолитном железобетоне мало приемлемы при моделировании сборных зданий. На рис. 1г показано поперечное сечение изогнутой многопустотной плиты перекрытия, построенное в программе *конструктор сечений* ПК ЛИРА, которое может быть присвоено только стержневым элементам, в то время как из многопустотных плит набирается этажное перекрытие здания.

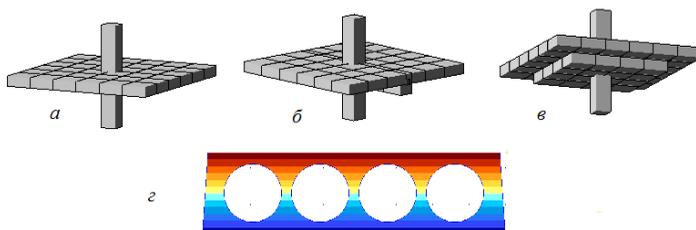


Рис. 1. Виды монолитного перекрытия (а – плоское, б – балочное, в – с капителями), г - поперечное сечение изогнутой многопустотной плиты перекрытия

Кроме необходимости построения в расчетной схеме многоэтажного каркасного здания в сборном железобетоне перекрытий из сборных плит, при построении расчетной схемы необходимо моделировать узлы сопряжения несущих элементов, прежде всего ригелей с колоннами. В нормах по проектированию сборных многоэтажных каркасных зданий [2] рассматриваются два вида стыков ригелей с колоннами: жесткий и шарнирный. Жесткие стыки ригелей с колоннами создаются

автоматически. Для моделирования шарнирного стыка необходимо воспользоваться командой *шарниры*. В диалоговом окне команды (рис. 2а) шарниры могут быть заданы для начала и конца выделенного стержня-ригеля или только для одного из концов стержневого элемента. Жесткостные характеристики шарниров задаются для стеснения угловых и линейных перемещений относительно местных осей. Они могут быть заданы от нуля (чистый шарнир) до значений, которые приводят к появлению в стержне-ригеле опорного момента, соответствующего моменту не шарнирного, а жесткого стыка. На рис. 2б показан график зависимости между значением опорного изгибающего момента M_y и величиной угловой жесткости C_φ для плоской поперечной рамы каркасного здания.

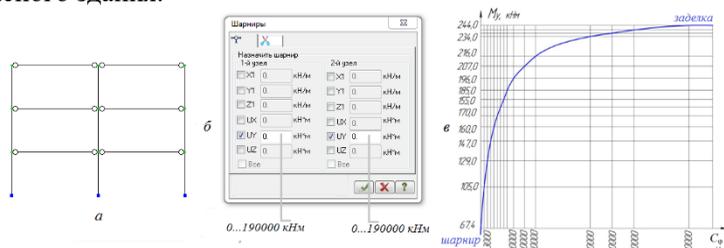


Рис. 2. Назначение жесткостей для шарниров стержней-ригелей в расчетной схеме плоской поперечной рамы каркасного сборного здания (а) в диалоговом окне команды *шарниры* (б) с учетом зависимости жесткости шарнира C_φ от несущей способности опорного сечения ригеля по моменту M_y (в)

Требуемые жесткостные характеристики стыков несущих элементов расчетной схемы определяются в соответствии с их конструктивным решением [3]. На рис. 3 приведены виды стыков. Шарниры для стержней-ригелей в расчетной схеме рамы устанавливаются для стыков приведенных на рис. 3а и 3б. Отличные от нуля жесткостные характеристики шарниров определяются только для стыка, показанного на рис. 3б, в зависимости от технических характеристик соединительной детали, стесняющей свободные повороты опорных сечений ригелей и тем самым способствующей появлению опорных моментов в стержнях-ригелях расчетной схемы [4].

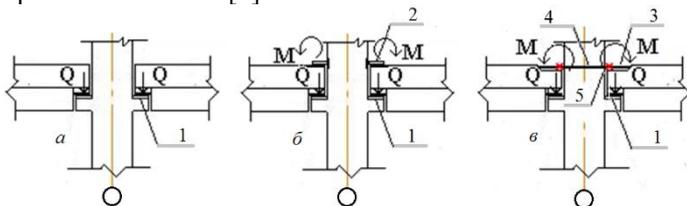


Рис. 3. Виды стыков для многоэтажных каркасных зданий в сборном железобетоне (а, б, – шарнирные, в – жесткий): 1 – сварка закладных на консоли колонны, 2 – соединительная металлическая пластина для сопряжения закладной детали ригеля и колонны, 3 – арматурный стержень-выпуск из ригеля, 4 – арматурный стержень-выпуск из колонны, 5 – сварка арматурных выпусков

Сборные колонны многоэтажных каркасных зданий имеют консоли для опирания ригелей. Скрытые консоли имеют размеры $b \times 150 \times 150$ мм (где b – ширина поперечного сечения колонны). Для определения рационального очертания открытой консоли можно выполнить компьютерное исследование ее напряженного состояния на плоской модели (рис. 4).

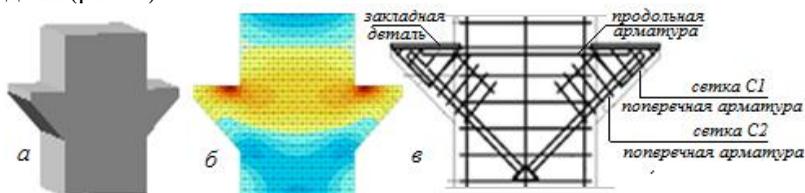


Рис. 4. Компьютерное исследование открытой консоли колонны: а – фрагмент пространственной модели колонны, б – распределение главных растягивающих усилий, в – схема армирования консоли

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 356.1325800.2017. Конструкции каркасные железобетонные сборные многоэтажных зданий. Правила проектирования.
2. *Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Никитин Н.К.* Проектирование многоэтажных зданий с железобетонным каркасом. – М., АСВ, 2009, 352 с.
3. *Малахова А.Н., Морозова Д.В.* Моделирование податливости стыков при расчете многоэтажных каркасных зданий (The simulation of compliance of structural joints in the calculation of multi-story frame buildings) – Modelling and Methods of Structural Analysis 13–15 November 2019, Moscow, Russian Federation, Volume 1425, December 2019, № 012055.
4. *Кузнецов В.С.* Расчет и конструирование стыков и узлов элементов железобетонных конструкций. – М., АСВ, 2002, 128 с.
5. *Тамразян А.Г., Арутюнян С.Н.* К оценке надежности сталежелезобетонных плит перекрытий с профилированными настилами. Вестник гражданских инженеров. 2015. № 6 (53). С. 52-57.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗНЫХ ТИПОВ В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ

В статье рассмотрены способы моделирования сталежелезобетонного перекрытия по профилированному настилу и железобетонной колонны с жесткой арматурой в виде двутавра. Моделирование выполнялось в ПК ЛИРА-САПР.

Сталежелезобетонная плита с профилированным настилом представляет собой ребристую плиту, где ребрами выступают гофры профилированного настила, расположенные довольно часто.

Рассмотрены два варианта моделирования плиты:

1) Плита моделируется пластинчатыми элементами разной толщины, которые располагаются относительно друг друга с эксцентриситетом, замоделированным жесткими вставками, равным разнице половины толщины пластины по гофре и половины толщины между гофрами. Размеры конечных элементов выбраны таким образом, чтобы в каждом типе жесткости было по два конечных элемента. Пластинчатые элементы между стенками гофра имеют толщину, равную сумме толщин бетона над гофром и в гофре. А между соседними гофрами – толщина бетона над гофром. В ПК ЛИРА-САПР профилированный настил учтен коэффициентом к модулю упругости. В ПК Ing+ есть возможность задать слоистый материал, что позволяет использовать характеристики и бетона, и стали.

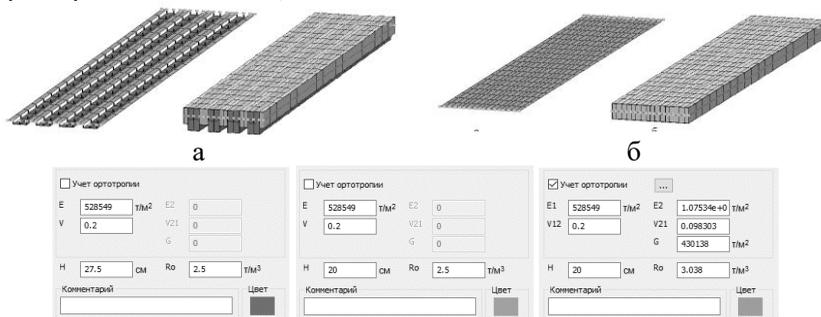


Рис. 1. Моделирование плиты: а) первым вариантом в плоском и объемном представлении; б) вторым вариантом в плоском и объемном представлении; в) параметры жесткостей

2) Плита моделируется пластинчатыми элементами одной толщины, равной толщине бетона над гофром. Чтобы учесть тот факт,

что в направлении ребер плита имеет большую жесткость и работает как тавр, использовалась ортотропность. Задан приведенный модуль упругости вдоль ребер [1].

В двух рассмотренных вариантах получены одинаковые результаты перемещений плиты по направлению Z. В пролете максимальное перемещение составило $-7,09$ мм.

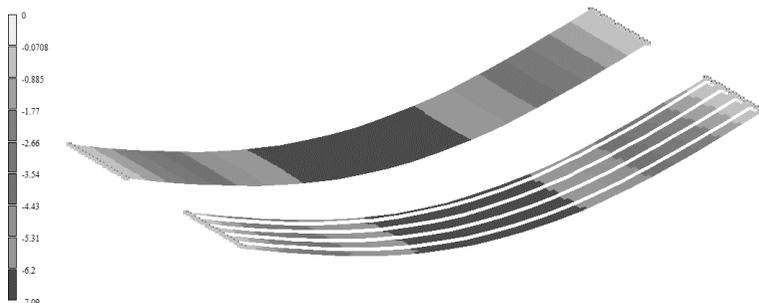


Рис. 2. Изополя перемещений по Z, мм

Был проведен ручной расчет прогиба плиты на стадии эксплуатации в соответствии с п. 6.1.2.7 СП 266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные. Правила Проектирования». Прогиб составил 6,19 мм. Разница с компьютерным расчетом составляет 12,66%.

Железобетонные колонны с жесткой арматурой в виде двутавра моделируются следующим образом:

- 1) В ПК ЛИРА-САПР есть возможность задать сразу сталежелезобетонное сечение.
- 2) Создаются два стержня, узлы которых совпадают. Одному стержню задаются параметры железобетона. Второму – двутавра.

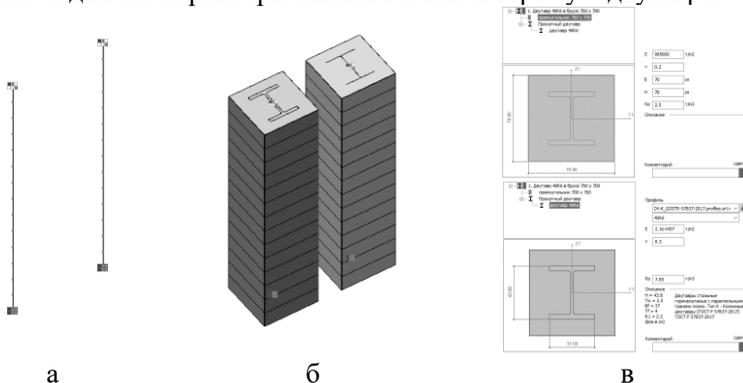


Рис. 3. Моделирование колонны: а) первым и вторым вариантом в плоском представлении; б) первым и вторым вариантом в плоском представлении; в) параметры жесткостей

Усилия во втором варианте распределились между двутавром и железобетоном в отношении 1,69: на двутавр приходит усилие в 496 т, а на железобетон – 293 т.

Так же в ПК ЛИРА-САПР были созданы типы заданного армирования и получены коэффициенты использования. Выполнен ручной расчет по СП 266.1325800.2016. Коэффициент использования составил 1,02.

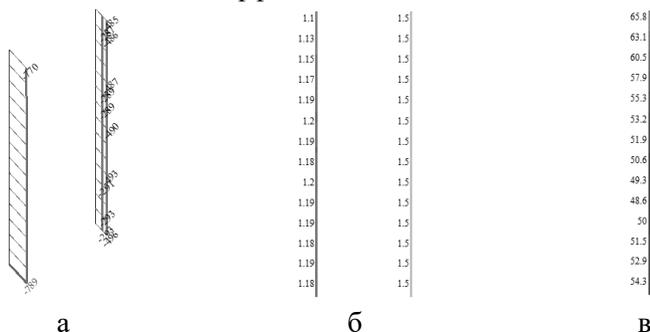


Рис. 4. Результаты расчета колонн: а) эпюры усилий N, т, в первом и втором варианте; б) коэффициенты запаса сталежелезобетонного сечения и железобетонного из второго варианта; в) процент несущей способности двутавра из второго варианта

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Михаськин В.В., Карачева М.А.* Моделирование сталежелезобетонного перекрытия с профилированным настилом и оценка расчетной схемы в сравнении с ручным расчетом // Вопросы науки и образования. 2018. №7 (19).
2. *Крылов С.Б., Семенов В.А., Конин Д.В., Крылов А.С., Рожкова Л.С.* О новом руководстве по проектированию сталежелезобетонных конструкций (в развитие СП 266.13330.2016 конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования) // Academia. Архитектура и строительство. 2019. №1.
3. *Десяткин М.А., Конин Д.В., Мартыросян А.С., Травуш В.И.* Расчет сталежелезобетонной колонны высотного дома на косоое внецентренное сжатие // Жилищное строительство. 2015. №5.
4. *Травуш В.И., Конин Д.В., Рожкова Л.С., Крылов А.С., Каприелов С.С., Чилин И.А., Мартыросян А.С., Фимкин А.И.* Экспериментальные исследования сталежелезобетонных конструкций, работающих на внецентренное сжатие // Academia. Архитектура и строительство. 2016. №3.
5. *Ургалкина Д.А.* Применение деформационной модели к расчету железобетонных перекрытий по стальному профилированному листу // Мировая наука. 2019. №6 (27).

ВЛИЯНИЕ КОРРОЗИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Железобетонные конструкции помимо эксплуатационных воздействий и нагрузок подвержены воздействиям агрессивных сред, в частности коррозии. Наиболее часто складывающаяся расчётная ситуация – конструкция полностью нагружена и её напряжённо-деформированное состояние сформировано. Коррозионные повреждения различают по глубине поражения и развитию во времени, также они зависят от состава бетона, уровня напряжённого состояния (η) и особенностей физических и химических воздействий. В частности, уровень напряжённого состояния является одной из определяющих характеристик развития коррозионных повреждений в конструкции.

Рассмотрим конечно-элементную модель двухпролётной балки-стенки с образовавшимися в опорной зоне наклонными трещинами, приведённую на рис. 1 с целью описать характер неравновесных процессов силового сопротивления бетона внешним воздействиям (усилиям) и агрессивной среды. В описании силового сопротивления поможет дифференциальная зависимость, сформулированная В.М. Бондаренко [1].

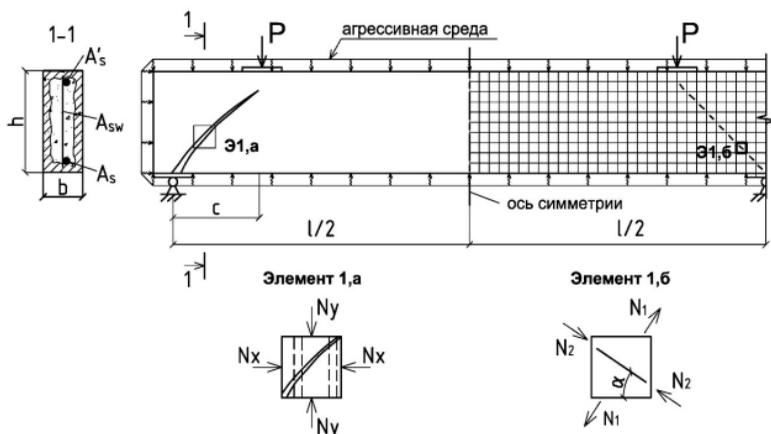


Рис. 1. Конечно-элементная модель двухпролётной железобетонной балки-стенки

$$\frac{d\Delta\delta(\eta, t, t_0)}{dt} = -\alpha(\eta, t_0) \cdot [d\Delta\delta(\eta, t, t_0)]^m(\eta), \quad (1)$$

$$\Delta\delta(\eta, t, t_0) = \frac{\delta_{кр.}(\eta, t_0) - \delta(\eta, t, t_0)}{\delta_{кр.}(\eta, t_0)} = 1 - \frac{\delta(\eta, t, t_0)}{\delta_{кр.}(\eta, t_0)}. \quad (2)$$

где δ – глубина коррозионного повреждения (текущая); $\Delta\delta$ – относительный дефицит глубины коррозионного повреждения; $\delta_{кр.}$ – критическая глубина коррозионного повреждения; α – эмпирический параметр, отвечающий за скорость коррозии; m – эмпирический параметр кинетической характеристики коррозии; t_0 – начало процесса; t – текущее время наблюдения; η – уровень нагружения конструкции (3).

$$\eta = N/R_b \cdot b \quad (3)$$

На рис. 2 приведена схема, отражающая изменения параметров в вариантах одноосного растяжения и сжатия при уровнях напряжённых состояний η и η_t .

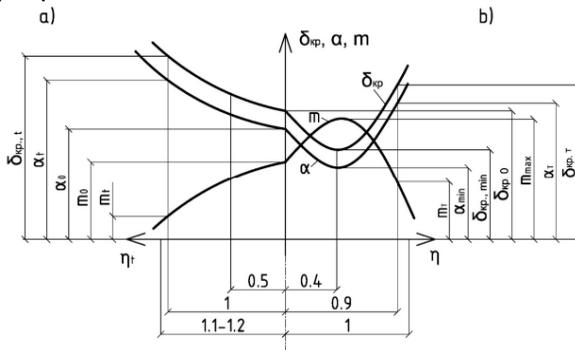


Рис.2. Схема изменения параметров $\delta_{кр.}$, α , m при одноосном растяжении и сжатии в зависимости от уровня напряжённых состояний

Для обоснования нелинейности параметров воспользуемся подтверждёнными экспериментальными фактами об уплотнении бетона при сжатии, вследствие чего снижается его проницаемость с изменением значения η от нуля до значений $\eta = 0,3 - 0,4$, построенными такими учёными, как Е.А. Гузев [2], В.П. Селяев [3]. Согласно им, изначально значение предельной глубины коррозионных повреждений понижается в 0,7 раза, однако последующий рост нагрузок в бетоне нарушает его сплошность, что вызывает образование трещин и увеличение значения

предельной глубины в 1,2 раза из-за повышения проницаемости, и при этих значениях предельная глубина определяется по формулам:

$$\delta_{кр\ min} = 0,7 \cdot \delta_0; \delta_{кр\ max} = 1,2 \cdot \delta_0,$$

где δ_0 – предельная глубина затухания повреждения при нулевом напряжённом состоянии (получена опытным путём); $\delta_{кр\ min}$ – величина глубины коррозионного повреждения, которая соответствует началу процесса микротрещинообразования по О.Я. Бергу [4].

В дополнении к исследованию влияния коррозии на внутренние усилия железобетона приведём формулы коэффициента химической стойкости материала $K_{кр}$, с помощью которых можно оценить изменение характеристик бетона во время коррозии:

$$K_{кр} = \frac{R_b^*}{R_b}; K_{кр} = \frac{E^*}{E},$$

где R_b^* и E^* – прочность на сжатие бетона и модуль упругости во время коррозии, R_b и E – прочность на сжатие бетона и модуль упругости без воздействия коррозии. Прогноз значений коэффициента $K_{кр}$ проводится в соответствии с ГОСТ Р 58896-2020 по результатам испытаний [5].

Таким образом, можно сделать вывод, что влияние коррозии снижает силовое сопротивление железобетонной конструкции и, следовательно, её внутренних усилий из-за повышения уровня напряжённых состояний при увеличении предельной глубины повреждений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бондаренко В.М.* Диссипативная теория силового сопротивления железобетона / *Бондаренко В.М., Римшин В.И.* – М.: Студент, 2015. 111 с.
2. *Гузев Е.А.* Деформативность и трещиностойкость сжатых армированных элементов при длительном нагружении и действии жидких сред / *Гузев Е.А., Митин А.А., Басова Л.Н.* // Сб. тр. НИИЖБ – М.: Стройиздат, 1984. 34 с.
3. *Селяев В.П.* Химическое сопротивление и долговечность строительных материалов, изделий, конструкций / *Селяев В.П., Низина Т.А., Уткина В.Н.* – Саранск, 2003. 47 с.
4. *Берг О.Я.* Физические основы теории прочности бетона и железобетона. М.: Госстройиздат, 1962. 96 с.
5. *Селяев В.П.* Химическое сопротивление бетонов действию сульфат-ионов / *Селяев В.П., Ошкина Л.М., Селяев П.В.* – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2013. 150 с.

УСТОЙЧИВОСТЬ КОЛОНН ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА ЗДАНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ВАНТОВОГО МЕХАНИЗМА СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЕРЕКРЫТИЙ

При аварийных ситуациях может произойти обрушение всего здания или значительной его части. При этом может меняться характер взаимодействия между элементами.

В исследовании [1] критерии особого предельного состояния связаны с прочностью сечений. Это не всегда позволяет правильно оценить живучесть конструктивной системы здания в целом или её части, поскольку при разрушении одного или нескольких сечений система способна ещё воспринимать нагрузки. В то же время разрушение даже ограниченного количества сечений в отдельных случаях может сделать конструктивную систему уязвимой с точки зрения потери устойчивости и геометрической изменяемости [2]. В данном случае геометрическая изменяемость системы может быть проанализирована на основе энергетических критериев устойчивости движения.

В работе выполнено моделирование железобетонной рамы на основе данных, представленных в статье [3]. Также рассмотрены дополнительные варианты конструктивных решений, в которых были изменены длины колонн. Для исследования работы железобетонной рамы был использован программный комплекс ЛИРА-САПР. Расчетная схема железобетонной рамы представлена в рисунке 1.

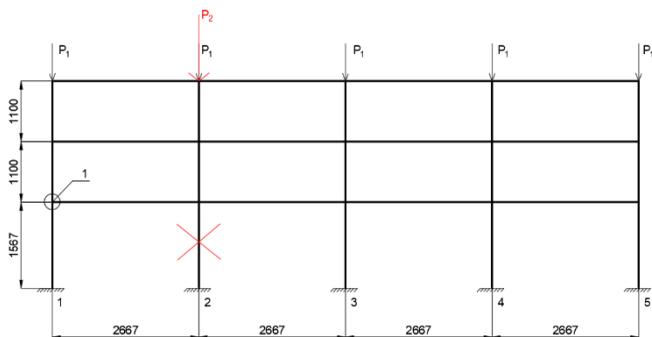


Рис.6 - Расчетная схема железобетонной рамы; 1- рассмотренный узел

Колонны и ригели выполнены из бетона класс В35. Армирование колонны и ригели выполнено из 4 стержней $\text{Ø}12$ класса А600. Колонны имеют сечение 200 x 200 мм, а ригели – 100 x 200 мм. Нагрузка P_1 имеет

значение 100 кН и $P_2=100$ кН.

По результатам моделирования построены связи между продольной силой N и прогибам f колонны 1, также связи между продольной силой N и изгибающим моментом M . Полученные графики зависимости приведены на рисунках 2-4.

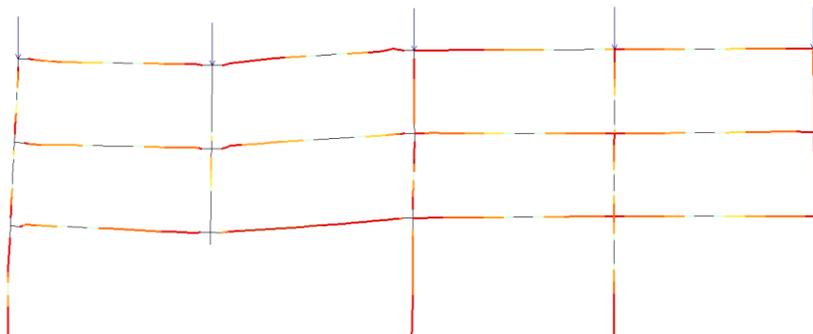


Рис.7 - 2D-анализ статического контроля нагрузки с учетом нелинейностей

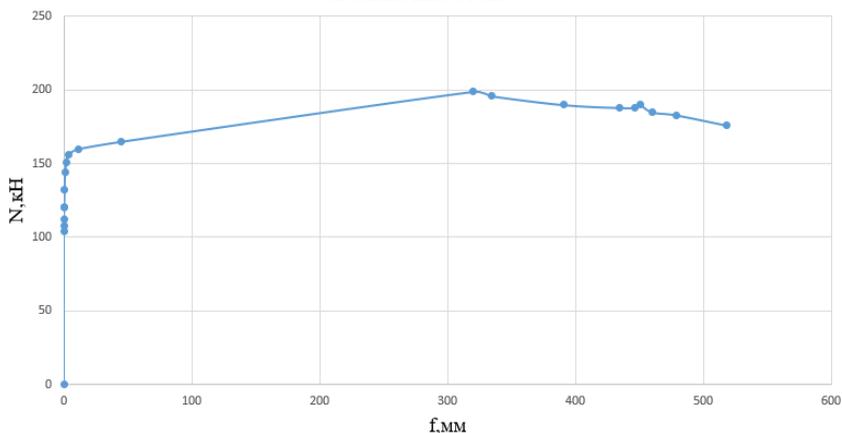


Рис.3 – График зависимости между N и f

На основании результатов численного моделирования можно отметить следующее:

- Из рис.2 видно, что железобетонная рама разрушилась после удаления одной из колонн.
- Рис. 3 показывается, что хотя продольная сила уменьшалась, прогиб все продолжал возрастать. Это означает, что колонна достигла своего предельного равновесия [4, 5] и дальнейшее работа возможно лишь за счет остальной части конструктивной системы.

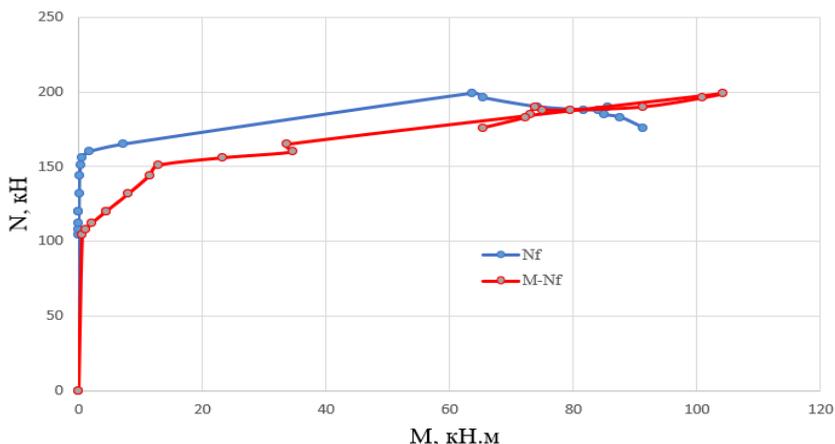


Рис.4 - График зависимости между продольной силой N и моментами

- Для установления механизма разрушения колонны построены графики «N*f», «M-N*f» (рисунок 4). Точка пересечения двух линий графика соответствует моменту разрушения колонны. Поскольку при разрушении момент, вызванный продольным изгибом, превысил момент от поперечного изгиба, то разрушение может быть классифицировано как потеря устойчивости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *C.H. Chen, Y.F. Zhu, Y. Yao, Y. Huang, X. Long.* An evaluation method to predict progressive collapse resistance of steel frame structures // *Journal of Constructional Steel Research*, volume 122, July 2016. Pages 238-250.
2. Павленко П. В. Экспериментальное и численное моделирование процесса разрушения железобетонных конструкций: анализ механизмов трещинообразования и возможности повышения прочности // *Инновации и инвестиции*. 2023. 4. С. 496-499.
3. *W.J. Yi, Y. Xiao, Q.F. He, S.K. Kunnath.* Experiment study on progressive collapse-resistant behavior of reinforced concrete frame structures // *ACI Structural Journal*, July 2008. Pages 433-439.
4. *Тамразян А.Г., Арутюнян С.Н.* К оценке надежности сталежелезобетонных плит перекрытий с профилированными настилами. *Вестник гражданского инженеров*. 2015. № 6 (53). С. 52-57.
5. *Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A.* Behavior of compressed reinforced concrete columns under thermodynamic influences taking into account increased concrete deformability. В сборнике: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 21, Construction - The Formation of Living Environment. 2018. С. 052034.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И АРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Северные регионы всегда привлекали внимание исследователей, стимулируя их изучение и разработку проектов строительства в условиях вечной мерзлоты.

Однако, возникает целый ряд проблем, связанных с монолитной застройкой в отрицательных температурных условиях. Давайте рассмотрим некоторые из них.

Одной из важных проблем, с которыми сталкиваются специалисты при возведении зданий и проведении бетонных и железобетонных работ, является низкая отрицательная температура. Погодные условия оказывают значительное влияние на выбор утеплителя, планировку здания, прокладку коммуникаций, а также на начальные этапы строительства и проведение бетонных работ, включая твердение бетонной смеси.

Вторая проблема, связанная с низкими температурами, возникает при укладке бетонной смеси. Из-за низких температур частицы бетона примораживаются к арматуре, что может вызвать забивание просветов между стержнями. Такая ситуация может привести к образованию трещин и негативно сказаться на прочности конструкции.

Третья проблема связана с обеспечением строек качественным цементом. Из-за погодных условий, труднодоступных дорог и больших расстояний между складами и местом строительства, доставка цемента на север проводится редко, обычно только раз в год. В связи с этим цемент хранится в бумажных мешках и необорудованных складских помещениях, что приводит к потере активности цементных компонентов и образованию комков.

В целом, низкая температура становится серьезным вызовом для профессионалов, занимающихся строительством и бетонными работами. Правильное решение этих проблем позволит обеспечить качественное и надежное возведение зданий в условиях негативного влияния погоды. [1].

В северных широтах традиционные технологии строительства из монолитного железобетона, кирпича и блоков неэффективны из-за сложности их использования, а также зависимости от материалов и климата. Вместо этого, наиболее распространенным типом

строительства зданий в этих условиях является каркасное сооружение из готовых элементов из железобетона.

Строительство в крайне северных районах требует минимального времени для сохранения качества, надежности, прочности и долговечности построек. Современные быстровозводимые технологии строительства зданий и сооружений наиболее соответствуют таким требованиям. Особое внимание следует уделить модульному строительству и возведению трансформируемых зданий и сооружений.

Модульное строительство и возведение трансформируемых зданий имеют свои преимущества:

- Готовые конструкции имеют заводскую готовность, включая системы водоснабжения, водоотведения, электросети, отопления, кондиционирования и другие.
- Монтаж и время строительно-монтажных работ минимизированы.
- Удобство транспортировки благодаря низкому весу отправных конструкций.
- Трудоемкость работ значительно снижается по сравнению с традиционными технологиями.
- Возможность строительства и эксплуатации в любых климатических условиях.
- Вариативность конфигураций, планировок, отделки, технического оснащения и других параметров.

Таким образом, использование быстровозводимых технологий строительства, включая модульное строительство и возведение трансформируемых зданий, является оптимальным подходом к строительству на севере [2].

Также следует учесть климатические условия Крайнего Севера, так как экстремальные температуры могут оказывать негативное влияние на работу арматуры. Рекомендуется использовать специально разработанные арматурные элементы, противостоящие хрупкому разрушению при нагреве.

Кроме того, в условиях крайнего севера особенно важно обеспечить защиту арматуры от воздействия агрессивной среды. Возможно использование специальных покрытий или добавок, способствующих защите от коррозии.

При проектировании и строительстве железобетонных конструкций на крайнем севере также следует учитывать возможные деформации, связанные с изменением диафрагмы деформирования арматуры.

В условиях сурового климата, характеризующегося месячной средней температурой ниже -20°C , необходимо использовать определенный вид стальной арматуры. Рекомендуется применять горячекатаную арматуру северного исполнения, обладающую гарантированной ударной

вязкостью класса АС-II (АС300) в соответствии с ГОСТ 34028. Кроме того, рекомендуется использовать арматуру, претерпевшую термомеханическую обработку и обладающую улучшенными характеристиками класса АС500С согласно ГОСТ 13015. Эти меры позволят обеспечить надежность и устойчивость конструкций в условиях экстремально низких температур. [3].

В северных районах Канады строительство ведется в основном из сборных железобетонных конструкций. Особое внимание уделяется максимальной заводской готовности и снижению массы возводимого объекта строительства [4].

Важным элементом конструкции зданий на вечномёрзлых грунтах являются основания и фундаменты. Они должны быть глубокими и устойчивыми, чтобы выдерживать деформации грунта, вызванные его возможными перемерозками. Для этого могут применяться свайные фундаменты, железобетонные плиты или другие специальные решения, учитывающие геологические особенности местности [5].

В целом, при строительстве на вечномёрзлых грунтах необходимо учитывать все факторы, связанные с изменчивыми климатическими условиями и особенностями грунтов, чтобы обеспечить безопасность и долговечность здания. Технологии и материалы для такого строительства разрабатываются с учетом этих факторов и постоянно совершенствуются для достижения наиболее эффективных результатов [6].

Подводя итог, делаем вывод, что проектирование железобетонных конструкций в условиях Крайнего Севера является наиболее важным вопросом в строительстве в настоящее время.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Макарова А.И.*, Монолитное строительство в условиях Крайнего Севера. Научный журнал молодых ученых, 2019.
2. *Вершняков Д.И.*, Особенности условий строительства зданий и сооружений на территории Крайнего Севера. Молодой ученый №12, 2022.
3. СП 25.13330.2020. «Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах».
4. *Кулигина Е.С.*, Общие сведения о строительстве на зарубежном Крайнем Севере. Молодой ученый №14, 2016.
5. *Линейцев А. А.* Проблема строительства сооружений в Арктике. Молодой ученый №5, 2021.
6. *Охопкова Т.В., Гурьянов Г.Р., Плотников А.А.* Строительство и проектирование зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты. ИВД, 2018.

ВЛИЯНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО АРМИРОВАНИЯ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОСОБОМ АВАРИЙНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Разрушения зданий и сооружений частично или целиком, происходят вследствие различных причин, в том числе и при внезапном отказе одного из несущего элемента конструкций, что приводит к изменению напряженно-деформированного состояния (далее – НДС) конструкций и влияет на их безопасность [1].

Для усовершенствования защиты зданий и сооружений от особых аварийных воздействий, в России и зарубежных странах проводятся исследования состояния железобетонных конструкций при данных воздействиях на них, как экспериментальным путем, так и с помощью расчетных моделей, схем и методик расчетов [2-3].

Одним из аспектов механической безопасности зданий и сооружений является обеспечение прочности железобетонных колонн при действии поперечных сил. Для этого выполняется анализ влияния поперечного армирования на сопротивление сжатых железобетонных элементов при особом аварийном воздействии, что в настоящее время имеет особую актуальность.

В программном комплексе ЛИРА-САПР была замоделирована схема здания рис 1.1 со следующими исходными данными: 5-и этажное здание, имеющее в осях размер 15x18 метров, шаг колонн 3 метра. Сечение колонн 300x300 мм, сечение плит перекрытия 200 мм. бетон В25. Арматур колонны 4d12A400.

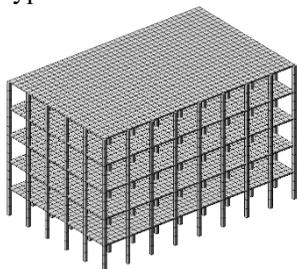


Рисунок 1.1

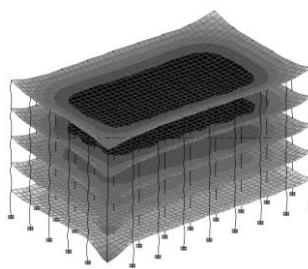


Рисунок 1.2

В качестве исследования рассматриваем ситуацию, в которой один из сжатых несущих железобетонных элементов выключился из работы всей системы. В качестве этого элемента берем колонну первого этажа. Рис 1.2

Влияние поперечного армирования рассматривается на примере колонны замоделированной из объёмных конечных элементов. Арматура замоделирована из стержней. Рис 1.3. Для оценки прочности исследуемых колонн берём критерий прочности при трёхосном НДС по Г.А.Гениеву [4]. Согласно формуле, условие прочности бетона может быть представлено в данной форме:

$$T^2 = T_c \cdot (T_c + \lambda \cdot T) \cdot (1 + \delta) \qquad T = T_s = T_c \cdot k(\lambda, \delta)$$

Где,

$$k(\lambda, \delta) = \lambda \cdot (1 + \delta)/2 + \sqrt{\lambda^2 \cdot (1 + \delta)^2/4 + (1 + \delta)}$$

$$\lambda = f \cdot \sigma/T$$

$$\delta = e \cdot (S/T)^3$$

$$f = 3 \cdot T_c \cdot (R_c - R_p)/R_c \cdot R_p$$

$$e = R_c \cdot R_p/3 \cdot T_c^2 - 1$$

$$\sigma = 1/3 \cdot (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$$

$$T_c = \sqrt{1/3 \cdot R_c \cdot R_p}$$

$$T = 1/\sqrt{6} \cdot \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot (\sigma_x - \sigma) \cdot (\sigma_y - \sigma) \cdot (\sigma_z - \sigma) \right)^{1/3}$$

Исследуемые объёмные конечные элементы берём из верхнего ряда модели колонны рис 1.4.

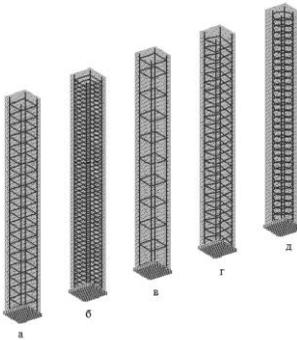


Рисунок 1.3 а) Вариант А – шаг арматуры 150 мм, согласно СП 63.13330.2018 [5]; б) Вариант Б – шаг 50 мм; в) Вариант В – шаг 300 мм; г) Вариант Г – спиральная арматура; д) Вариант Д – кольцевая арматура.

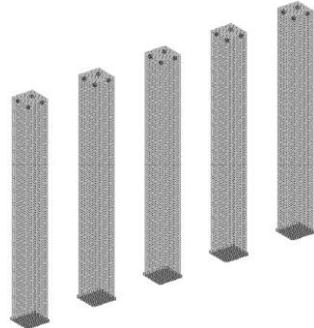


Рисунок 1.4 исследуемые объёмные конечные элементы.

Все результаты исследования занесены в таблицу 1

Таблица 1

Вар	КЭ	σ_x , МПа	σ_y , МПа	σ_z , МПа	R_c , МПа	R_p , МПа	T_s , МПа	Ср.зн. T_s , МПа
А	1	0,244	0,271	4,30	18,5	1,55	12,425	12,243
	2	0,239	0,210	4,29	18,5	1,55	12,191	
	3	0,203	0,208	4,27	18,5	1,55	12,063	
	4	0,208	0,269	4,29	18,5	1,55	12,291	
Б	1	0,312	0,340	4,33	18,5	1,55	12,916	12,735
	2	0,309	0,279	4,31	18,5	1,55	12,688	
	3	0,273	0,277	4,30	18,5	1,55	12,553	
	4	0,277	0,338	4,32	18,5	1,55	12,783	
В	1	0,307	0,334	4,32	18,5	1,55	12,881	12,699
	2	0,303	0,274	4,30	18,5	1,55	12,653	
	3	0,267	0,272	4,29	18,5	1,55	12,518	
	4	0,271	0,332	4,31	18,5	1,55	12,743	
Г	1	0,213	0,392	4,30	18,5	1,55	12,748	12,196
	2	0,233	0,204	4,29	18,5	1,55	12,148	
	3	0,173	0,175	4,27	18,5	1,55	11,840	
	4	0,173	0,235	4,28	18,5	1,55	12,048	
Д	1	0,143	0,170	4,33	18,5	1,55	11,704	11,519
	2	0,135	0,108	4,31	18,5	1,55	11,471	
	3	0,099	0,103	4,30	18,5	1,55	11,335	
	4	0,107	0,165	4,32	18,5	1,55	11,566	

Вывод: разница между наибольшим и наименьшим значением интенсивности касательных напряжений равна 9,55%, что означает о не существенном влиянии выбора поперечного армирования на несущую способность сжатого жб элемента при особом аварийном воздействии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тамразян А.Г., Арутюнян С.Н. К оценке надежности сталежелезобетонных плит перекрытий с профилированными настилами. Вестник гражданских инженеров. 2015. № 6 (53). С. 52-57.

2. Федорова Н.В., Андросова Н.Б. К оценке динамических догрузений в арматуре железобетонных элементов конструктивной системы при трещинообразовании и внезапном выключении одной из конструкций// Безопасность зданий и сооружений, 2018. № 1.С.93-100.

3. Florea D., Ioan M., Dan D. Experimental testing and numerical analysis of 3D steel frame system under column loss // Engineering structures. 2016. Vol. 113. Pp. 59–70.

4. Генцев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. -М.:Стройиздат, 1974. - 316 с.

5. Tamrazyan A.G., Avetisyan L.A. Experimental and theoretical study of reinforced concrete elements under different characteristics of loading at high temperatures. В сборнике: XXV Polish – Russian – Slovak Seminar “Theoretical Foundation of Civil Engineering”. Сер. "Procedia Engineering" 2016. С. 721-725.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЗОЛЫ-УНОСА НА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Зола-унос представляет собой тонкодисперсный материал, состоящий, как правило, из частиц размером до 0,16 мм, образующийся в результате сжигания топлива ТЭЦ и отбираемый в сухом виде электрофильтрами.

С развитием промышленности и строительства ситуация в мире с загрязнением окружающей среды значительно ухудшилась. В результате сжигания угля и других видов топлива в энергетике отделяется большое количество золы.

Использование золы-уноса в строительстве может быть эффективным способом утилизации отходов и одновременно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Для анализа влияния золы-уноса на трещиностойкость железобетонных конструкций была рассмотрена железобетонная балка.

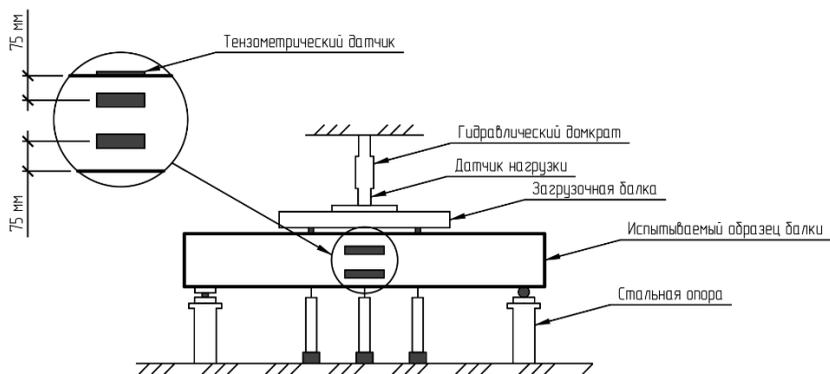


Рисунок 8. Экспериментальная установка тестовых образцов

В качестве испытаний №1 рассматривались ж.б. балки без добавления золы и с добавлением золы-уноса 40% по массе [1].

В качестве испытаний №2 рассматривались ж.б. балки без добавления золы и с добавлением золы-уноса 17% по массе [2].

В качестве испытаний №3 рассматривались ж.б. балки с добавлением золы-уноса 50% по массе [3].

В качестве испытаний №4 рассматривались ж.б. балки с добавлением

золы-уноса 50% и 50% доменного шлака по массе и с добавлением золы-уноса 75% и 25% доменного шлака по массе [4].



Рисунок 9 Характер трещин ж.б. балки при испытании на 28 сутки (слева-без добавления золы-уноса; справа – с добавлением золы-уноса 40%)



(a) CB0% 1-28

(b) CB50% 1-28

Рисунок 10 Характер трещин ж.б. балки при испытании на 28 сутки (а-без добавления золы-уноса; б – с добавлением золы-уноса 50%)

Во всех случаях трещины образовывались в зоне действия изгибающего момента. По мере увеличения нагрузки существующие трещины распространялись. Разрушение балок из-за раскрытия трещин было в большинстве случаев пластичным.

Было выяснено, что ширина трещин находится в пределах допустимых значений. В испытаниях №3 зафиксирована ширина раскрытия трещин от 0,18 до 0,2 мм. Согласно [5], предельно допустимая ширина раскрытия трещин 0,2 мм при продолжительном раскрытии трещин и 0,3 мм при непродолжительном раскрытии трещин. Ширина раскрытия трещин по результатам испытаний не превышает предельно допустимых значений, согласно [5].

Результаты исследований показывают, что по требованиям к долговечности ж.б. конструкций можно заменять портландцемент до 50% по массе без потери прочностных характеристик.

Характер разрушения ж.б. балок с добавлением золы-уноса не отличается от ж.б. балок из портландцемента [2].

Также обнаружено, что в образцах с добавлением доменного шлака ширина трещин оказывается меньше, чем в образцах с добавлением только золы-уноса [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *V. Prabhu, Jessy Rooby*. Behavior of steel fiber reinforced concrete beam using fly ash. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). Volume 9, Issue 1, January 2018, pp. 79–89, Article ID: IJCIET_09_01_009

2. *D.M.J. Sumajouw, D. Hardjito, S. E. Wallah, and B.V. Rangan*. Behaviour and strength of reinforced fly ash-based geopolymer concrete beams. Faculty of Engineering and Computing, Curtin University of Technology, Perth, WA, Australia

3. *P.S.Joanna, Jessy Rooby, Angeline Prabhavathy, R.Preetha, C.Sivathanu Pillai* . Behaviour of reinforced concrete beams with 50 percentage fly ash. International journal of civil engineering and Technology (IJCIET). ISSN 0976 – 6308 (Print). ISSN 0976 – 6316(Online). Volume 4, Issue 2, March - April (2013), pp. 36-48

4. *M.K. Thangamani, Bindhu1, Dr. D.S.Ramachandra Murthy*. Flexural behavior of reinforced geopolymer concrete beams using fly ash partially replaced with GGBS. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Volume: 03, Issue: 08, August, 2016. e-ISSN: 2395-0056 and p-ISSN: 2395-0072.0

5. Тамразян А.Г., Арутюнян С.Н. К оценке надежности сталежелезобетонных плит перекрытий с профилированными настилами. Вестник гражданских инженеров. 2015. № 6 (53). С. 52-57.

6. *Tamrazyan A., Alekseytsev A.* Evolutionary optimization of reinforced concrete beams, taking into account design reliability, safety and risks during the emergency loss of supports. В сборнике: E3S Web of Conferences. 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. 2019. С. 04005.

УСИЛЕНИЕ КАМЕННОЙ КЛАДКИ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Экспериментальные исследования усиления композитными тканями кирпичных столбов и простенков производились в ЦНИИСК имени Кучеренко.[2] Схемы армирования композитными сетками при испытании образцов на сжатие приведены на рисунке 1.

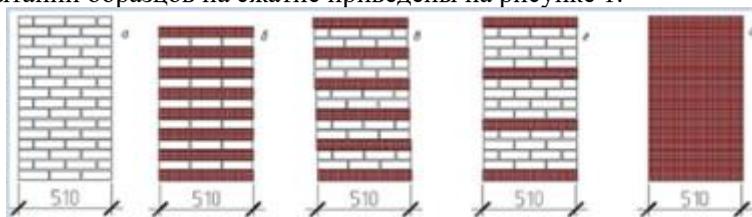


Рис. 1 Схемы армирования композитными сетками при испытании образцов на сжатие

В результате испытаний было выявлено, что прочность кладки на сжатие с применением углеволокна повысилась примерно в 2-2,4 раза. [1,3,4,5].

Каменная кладка работает на сжатие, однако при определённых обстоятельствах напряжённо-деформированное состояние может измениться на изгиб со сжатием. Так при возведении нового здания рядом с уже построенным при слабом грунтовом основании может случиться дополнительная осадка, что приводит к крену существующего здания и к возникновению дополнительных напряжений в конструкции. Так как каменная кладка почти не работает на растягивающие усилия, то начинают образовываться трещины.

Необходимо выяснить как именно меняются напряжения в толще каменной кладки при крене, а также какие зоны в первую очередь подвержены разрушению и нуждаются в усилении.

Для этого в программном комплексе ЛИРА-САПР была создана расчётная модель реального 4-х этажного жилого здания с несущими кирпичными стенами. Кладка выполнена из кирпича марки 200 и раствора марки 150. Расчётное сопротивление такой кладки по СП 15.13330.2020 на сжатие – $R_c = 3000 \text{ кН/м}^2$, на растяжение – $R_p = 250 \text{ кН/м}^2$. Усиление будет производиться композитным углеволокном с прочностью на растяжение $R_k = 140 \text{ кН/м}^2$. На рисунке 2 приведены

изополю нормальных напряжений после расчета здания до появления дополнительной осадки в существующем здании.

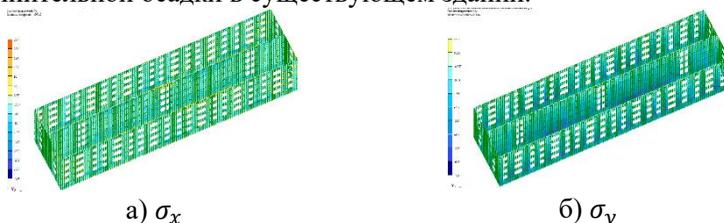


Рисунок 2. -Изополю нормальных напряжений после расчета здания до появления дополнительной осадки в существующем здании.

На рисунке 3 приведены изополю нормальных и касательных напряжений после расчета здания с появлением дополнительной осадки в существующем здании.

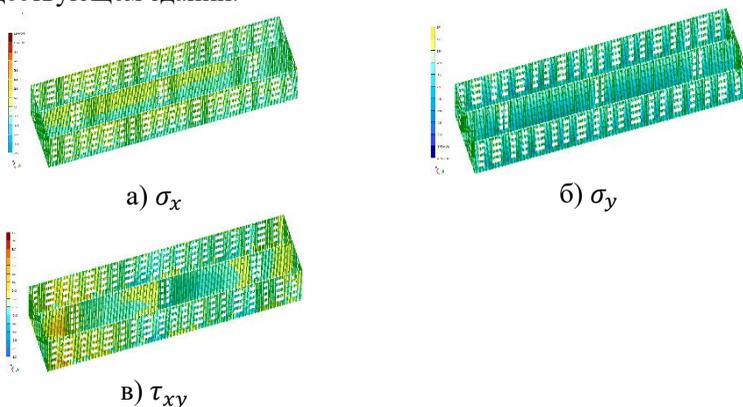


Рисунок 3. -Изополю нормальных напряжений после расчета здания с появлением дополнительной осадки в существующем здании.

Как видно по изополюм на рис. 2 а, б, растягивающие напряжения возникают в верхней части сооружения, однако они относительно малы для возникновения трещин в кладке. Картина меняется при неравномерной осадке сооружения: растягивающие напряжения вверху увеличиваются, максимальные значения появляются вокруг проёмов со стороны нового здания. Необходимо проверить соблюдается ли условие прочности для этих мест и подобрать усиление, если условие прочности не будет выполнено.

Для корректного определения прочности каменной кладки перейдём к главным и эквивалентным напряжениям по теории прочности Мора:

$$\sigma_{1,3} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{1,3} = \frac{427.8 + 163.9}{2} \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(427.8 - 163.9)^2 + 4 \cdot 29^2} = 295.9 \pm 135.1$$

$$\sigma_1 = 295.9 + 135.1 = 431 \text{ кН/м}^2; \sigma_3 = 295.9 - 135.1 = -160.8 \text{ кН/м}^2$$

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sigma_1 - \frac{\sigma_p}{\sigma_c} \cdot \sigma_3 \leq R_p$$

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = 431 - \frac{250}{3000} \cdot 160.8 = 417.6 > 250 \text{ кН/м}^2$$

Условие прочности не выполнено: требуется усиление кладки

Так как композитная ткань не сильно влияет на изменение жёсткости конструкции, то сильного перераспределения усилий не будет, соответственно необходимо посчитать достаточно ли будет усиления углеволокном для восприятия имеющихся напряжений (рис. 3 а-в):

$$R_p \cdot h \cdot b + R_k \cdot h \cdot t \cdot n \geq \sigma_{\text{ЭКВ}} \cdot h \cdot b \mid \div (h \cdot b)$$

$$R_p + R_k \cdot \frac{t}{b} \cdot n \geq \sigma_{\text{ЭКВ}},$$

где $h = 1 \text{ м}$. п. – высота рассматриваемого участка стены;

$b = 0.52 \text{ м}$ – толщина рассматриваемого участка стены;

$t = 0.005 \text{ м}$ – толщина одного слоя композитного материала;

$n = 2$ – количество слоёв усиления композитной тканью.

$$250 + 1.4 \cdot 10^4 \cdot \frac{0.005}{0.52} \cdot 2 = 519.2 \geq \sigma_{\text{ЭКВ}} = 417.6 \text{ кН/м}^2$$

Условие прочности выполняется. Коэффициент запаса: $\frac{519.2 - 417.6}{417.6} \cdot 100 = 24.3\%$ – таким образом усиление композитом доказывает свою эффективность.

БИБЛЕОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белов В. В., Деркач В. Н. Экспертиза и технология усиления каменных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2010. №7. С. 14-20

2. Кучеренко В. А. Научно-технический отчет по теме: Экспериментальные исследования прочности и деформативности кирпичных стен и стен из ячеистого бетона, усиленного материалами фирмы BASF, М.: ЦНИИСК им. Кучеренко 2010. 183 с

3. Лихненко Е.В., Жаданов В.И., и др. Современные методы усиления каменных конструкций с применением композитных материалов при выполнении капитального ремонта гражданских зданий. // Научно-практический журнал «Эксперт: теория и практика» 2021 №6. С. 37-44.

4. Старцев С.А., Сундукова А.А. Усиление кирпичной кладки композитными материалами и винтовыми стержнями. // Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 6 (21). 2014. 17-31/

5. Тонких Г.П., Кабанцев О.В. и др. Экспериментальные исследования сейсмоусиления каменной кладки системой внешнего армирования на основе углеволокна. // Вестник Томского архитектурно-строительного университета №6. 2014. С. 57-69.

Студент магистратуры 2 года обучения 2 группы ИПГС Семенов Н.О.

ДИАГРАММЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СЖАТОГО ФИБРОБЕТОНА ПРИ МАЛОЦИКЛОВОМ НАГРУЖЕНИИ

Одним из способов усиления изгибаемых железобетонных элементов (балок, плит покрытия и перекрытия) является наращивание сечений в сжатой зоне, в частности фибробетоном [1].

В реальных условиях эксплуатации большинство конструкций подвержены малоцикловым статическим нагрузкам. Сегодня широко практикуется деформационный расчет железобетонных конструкций, в основу которого положены действительные диаграммы деформирования бетона и арматуры [2-6]. В связи с этим проведены экспериментальные исследования фибробетона при малоцикловом нагружении.

В качестве опытных образцов были приняты призмы размером 10x10x40 см из бетона и фибробетона размером 10x10x40 см.

Состав бетона матрицы фибробетона в соотношении Ц/Ц:В/Ц:П/Ц:Щ/Ц был принят 1:0,6:2,3:3,2, при расходе цемента - 335 кг на 1 м³ бетонной смеси. Фибра - рубленая металлическая проволока диаметром 1 мм, длиной 30 мм. Объемный процент армирования фибробетона $\mu_{fv} = 2\%$.

Методика испытаний образцов-призм в условиях малоциклового нагружения была принята следующей. Перед испытанием призм на малоцикловое нагружение образцы разбивались на три серии. Уровни нагружения: нижний $\eta_{low} = 0,2R_b$ и верхний $\eta_{top} = 0,7R_b$, $\eta_{top} = 0,9R_b$. В каждой серии испытывается по три образца, грани которых оборудовались тензометрическими датчиками. После 100 циклов нагружений образцы-призмы нагружались до разрушения. По результатам проведенного испытания строились диаграммы состояния бетона « $\sigma_{fb} - \varepsilon_{fb}$ ».

Деформативные и прочностные характеристики, полученные при испытании фибробетонных призм на сжатие при малоцикловом нагружении представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристики фибробетона после малоциклового нагружения

$\eta_{low} - \eta_{top}$	C, циклы	R_b , МПа	$\frac{R_{bc}}{R_{b0}}$	$E_b \cdot 10^{-3}$, МПа	$\frac{E_{bc}}{E_{b0}}$	$\epsilon_{b0} \cdot 10^5$	$\frac{\epsilon_{b0,c}}{\epsilon_{b0}}$
0,0-1,0	0	29,48	1,0	35,57	1,0	280	1
0,2-0,7	100	28,89	0,98	34,85	0,98	274	0,98
0,2-0,9	100	25,65	0,87	32,72	0,92	244	0,87

После испытания призм на центральное сжатие данные были аппроксимированы аналитической зависимостью "напряжения-деформации" при сжатии фибробетона по зависимости, принятой на основании предложений Карпенко Н.И. и др. авторов [3]:

Результаты деформирования бетона и фибробетона представлены в виде графиков на рисунках 1,2.

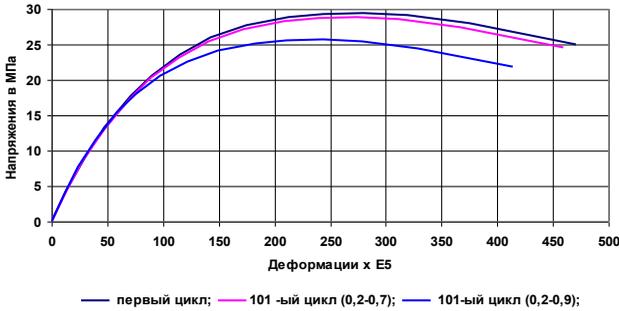
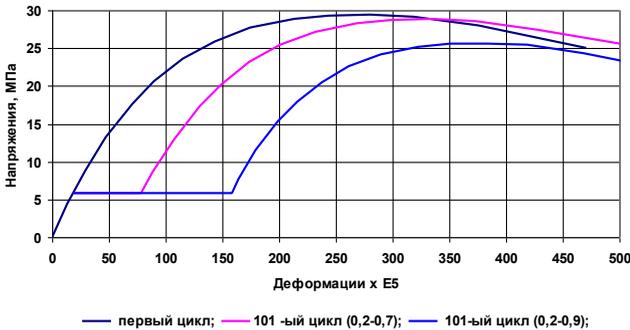
Рис.1. Диаграммы работы фибробетона ($\sigma_{fb} - \epsilon_{fb}$)

Рис.2. Диаграммы работы фибробетона ($\sigma_{fb} - \epsilon_{fb}$) с учетом остаточных деформаций: (0,2-0,7) - $\epsilon_{pl} = 60 \cdot 10^{-5}$; (0,2-0,9) -

$$\epsilon_{pl} = 140 \cdot 10^{-5}$$

Анализ полученных результатов показал, что малоцикловое нагружение привело к снижению характеристик фибробетона: призмочной прочности для уровней нагружения (0,2-0,7) – на 2%; (0,2-0,9) – на 13%; модуль упругости фибробетона для уровней нагружения (0,2-0,7) – на 2%; (0,2-0,9) – на 8%; предельных деформации при сжатии (в вершине диаграммы) для уровней нагружения (0,2-0,7) – на 2%; (0,2-0,9) – на 13%.

Выводы

1. Испытания на базе 100 циклов малоциклового нагружения с различным верхнем уровнем нагружения не привело к разрушению образцов.

2. На базе 100 циклов малоциклового нагружения (при соответствующих уровнях) нагружения зафиксированы остаточные деформации: (0,2-0,7) - $\varepsilon_{pl} = 60 \cdot 10^{-5}$, (0,2-0,9) - $\varepsilon_{pl} = 140 \cdot 10^{-5}$.

3. Малоцикловое нагружение привело к снижению характеристик фибробетона: призмочной прочности для уровней нагружения (0,2-0,7) – на 2%; (0,2-0,9) – на 13%; модуль упругости фибробетона для уровней нагружения (0,2-0,7) – на 2%; (0,2-0,9) – на 8%; предельных деформации при сжатии (в вершине диаграммы) для уровней нагружения (0,2-0,7) – на 2%; (0,2-0,9) – на 13%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ефимов П.П.* Усиление и реконструкция мостов: монография. Омск: Изд-во СибАДИ. – 1996. 154 с.

2. *Рак Н.А.* Методика расчета сталефибробетонных конструкций с использованием диаграмм деформирования сталефибробетона и стержневой арматуры // Проблемы современного бетона и железобетона. Минск: Минсктипроект. Т.1 – 2011. С. 302–308.

3. *Карпенко Н.И., Ерышев В.А., Латышева Е.В.* Анализ К построению диаграмм деформирования бетона повторными нагрузками сжатия при постоянных уровнях напряжений // Строительные материалы. №6 (702). – 2013. С.48-51.

4. *Ерышев В.А., Латышева Е.В., Ключников С.В., Седина Н.С.* К построению диаграмм циклического нагружения бетона при одноосном сжатии // Известия КГАСУ №1(23). –2013. С.104-108.

5. *Ерышев В.А., Гурьянова А.В.* К методике описания диаграмм бетона при сложных режимах нагружения // Эксперт: теория и наука. № 5(8). – 2020. С.30-33.

6. *Кудрявцев М.В., Истомин А.Д.* Экспериментальное исследование прочности и деформативности сжатого бетона при малоцикловом нагружении // Дни студенческой науки. М.: МИСИ–МГСУ, 2021. С.380-382.

Студентка магистратуры 1 года обучения 1 группы ИПГС

Семашкина Е.А.

*Научный руководитель – проф., канд. техн. наук, проф.
В.А. Люблинский*

НЕЛИНЕЙНАЯ ДЕФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИЗГИБАЕМЫХ БАЛОК ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ С КОРРОЗИОННЫМ ПОРАЖЕНИЕМ БЕТОНА И АРМАТУРЫ

Воздействие коррозионного повреждения бетона и арматуры, существенно снижает эксплуатационные характеристики изгибаемых железобетонных балок, а также является одной из наиболее распространенных причин уменьшения их прочности и деформативности. Кроме того, изменяются их геометрические параметры, что в свою очередь снижает несущую способность и устойчивость конструкций. Помимо сокращения срока службы коррозия вызывает также и значительное снижение механических характеристик железобетонных элементов, таких как несущая способность, жесткость, прочность сцепления и прогиб. Различные уровни коррозионных повреждений арматуры и бетона нарушают сцепление арматуры с бетоном [1].

В обзорной статье [2] приводятся данные о том, что износ железобетонных конструкций, подверженных коррозии, происходит из-за того, что коррозия приводит к уменьшению площади поперечного сечения арматуры. В работе [3] рассматривается силовое сопротивление деформированию поврежденного коррозией железобетона с построением соответствующей расчетной модели.

В нормативной документации представлено два метода расчета железобетонных конструкций: метод предельных состояний и расчет прочности нормальных сечений на основе нелинейной деформационной модели. На данный момент имеется мало исследований по формированию диаграмм деформирования бетона и арматуры при коррозии. Как правило, в расчетах снижают модуль упругости бетона при помощи понижающего коэффициента, либо пересчитывают расчетное сопротивление R_b . Коррозию арматуры

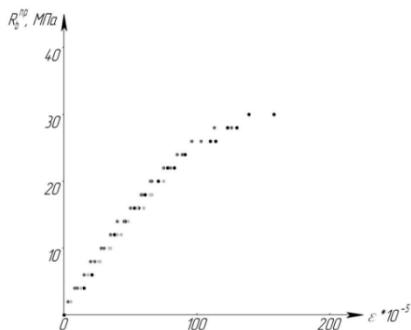


Рис. 1. Диаграмма работы сжатого бетона при коррозии

и потерю ее сцепления с бетоном рекомендуют учитывать снижением площади ее поперечного сечения, как это предложено в работе [4].

Для исследования железобетонных балок с коррозией целесообразно использовать нелинейную деформационную модель. Предлагается в первом приближении основываться на диаграмме работы бетона (рис. 1), полученной опытным путем [5]. При этом величина сечений бетона и

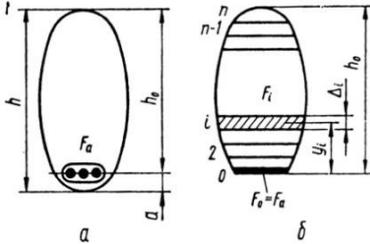


Рис. 2. Сечение изгибаемого железобетонного элемента:
а – заданное, б – расчетное

арматуры постепенно изменяется соразмерно величине коррозионного поражения конструкции. На основе гипотезы плоских сечений и при помощи метода последовательных приближений сечение изгибаемого железобетонного элемента представляется в виде совокупности n слоев (рис. 2), для которых последовательно вычисляются напряжения и деформации. В пределах высоты слоя Δ_i распределение напряжений принимается равномерным. Для всех слоев секущие модули деформации принимаются равными их начальным значениям. Затем определяются относительные деформации слоев i , напряжения и уточненные значения секущих модулей деформации (рис. 3) [6,7].

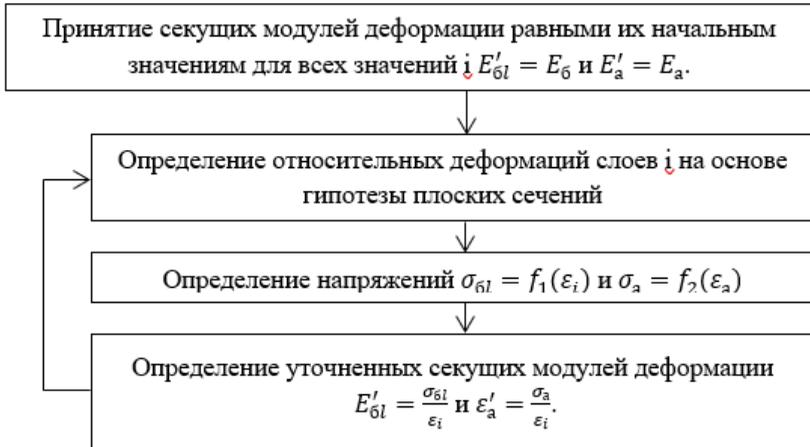


Рис. 3. Принципиальная блок- схема расчета железобетонных элементов при действии изгибающих моментов и продольных сил

В качестве функции, описывающей закон деформирования конструкций, принимается зависимость:

$$\sigma = 0,7R_b \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{E_b \cdot \varepsilon_b}{0,7 \cdot R_b}\right)}\right). \quad (1)$$

Окончанием работы алгоритма можно считать момент, когда разница результатов i -й и $i+1$ итерацией будет составлять не более наперед заданной точности, например 1-3%.

Таким образом, предполагается, что использование нелинейной деформационной модели может стать одним из простых способов расчета железобетонных изгибаемых элементов с коррозионным повреждением бетона и арматуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Тамразян А.Г.* Несущая способность коррозионно-поврежденных изгибаемых железобетонных элементов, подвергнутых огневому воздействию // *Academia. Архитектура и строительство*, 2022 г., №4, стр. 130-137.

2. *Тамразян А.Г., Сайед Й.А.К.* Влияние коррозии на поведение железобетонных балок // *Безопасность строительного фонда России. проблемы и решения, материалы Международных академических чтений.* Курский государственный университет. Курск, 2021, стр. 241-249.

3. *Байдин О.В., Царева А.В., Иванов А., Бондаренко В. М.* К расчету сопротивления деформированию поврежденного коррозией железобетона // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*, 2012 г., №4, стр. 70-73.

4. *Меркулов С.И., Пахомова Е.Г., Гордеев А.В., Маяков А.С.* Исследование работоспособности изгибаемых железобетонных конструкций с учетом коррозионных повреждений // *Известия Курского государственного технического университета*. 2009. № 4 (29). С. 74-78.

5. *Новиков С.Н.*, Оценка влияния водного раствора хлорида кальция на прочность бетона // *Магистерская диссертация, Тольяттинский государственный университет*, 2019 г., 104 с.

6. *Дыховичный А.А.* Статически неопределимые железобетонные конструкции: научное издание. – Киев : Будівельник, 1978. – 108 с.

7. *Люблинский В.А., Ероцкая А.Е., Ероцкий В.А.* К расчету изгибаемых элементов с использованием нелинейных диаграмм деформирования // *Труды БрГУ. Серия: Естественные и инженерные науки.* – 2017. – Т.1. – С. 135–140.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ НА УЧАСТКЕ С ТРЕЩИНАМИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Конструктивные элементы зданий и сооружений из железобетона в процессе эксплуатации могут подвергаться действию динамических нагрузок, к которым можно отнести ударные, сейсмически и другие виды воздействий. При работе конструктивных элементов в течение длительного срока в их растянутой зоне могут образовываться трещины, при этом конструкция не перестает воспринимать внешние нагрузки и воздействия [1, 2]. Следует также отметить, что в теле бетона при действии на него динамической нагрузки развиваются меньшие деформации по сравнению со статическими, в результате чего необходимо учитывать поведение конструкции под действием такой нагрузки с учетом трещин на них (рис.1).

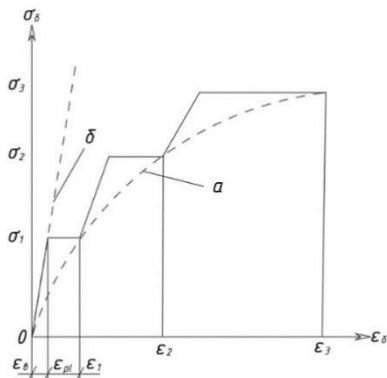


Рис. 1. Диаграммы деформирования бетона при ступенчатом нагружении:

а) Полные деформации, б) При мгновенном нагружении

Целью этой статьи является анализ влияния режима нагружения на характер напряженно-деформированного состояния сжато-изгибаемых конструктивных элементов из железобетона на участке между трещинами при динамическом и статическом воздействии.

Чтобы провести анализ НДС конструкции на участке с трещинами требуется создание ее численной модели с последующим расчетом при помощи метода конечных элементов (МКЭ) [3, 4]. Для бетона применялись диаграммы деформирования с учётом его упрочнения при мгновенном нагружении [5]. Построение трёхмерной модели такой конструкции производилась в программе ЛИРА-САПР.

В качестве образца для создания подобной модели была использована железобетонная балка из статей С.О. Курнавиной и И.В. Цацулина с геометрическими параметрами, армированием, а также трещинами с их расположением относительно друг к другу, которые указаны в их работах [6] (рис. 2).

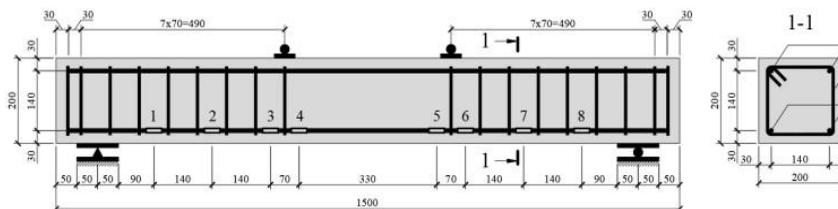


Рис. 2. Геометрические характеристики железобетонной балки со схемой расположения арматурной стали

При построении модели железобетонной балки бетон был задан объёмными конечными элементами. Для задания арматуры использовались стержневые конечные элементы, а трещины в растянутой зоне модели моделировались путём удаления объёмных конечных элементов в соответствии с экспериментально выявленной картиной трещинообразования. Задание граничных условий модели выполнено путём закрепления узловых элементов шарнирно опёртой железобетонной балки на расстоянии 0,1 метров от её края (рис. 3).

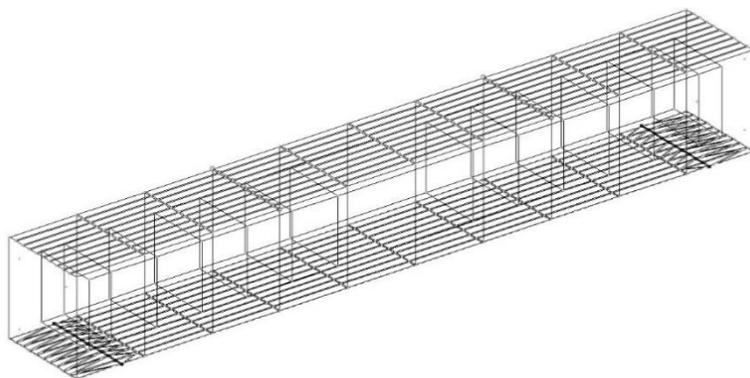


Рис. 3. Конечно-элементная модель балки

Для задания нагрузок, действующих на балку, использовались её собственный вес в виде равномерно-распределенной нагрузки и двух сосредоточенных нагрузок, приложенных на расстоянии $1/3$ от края балки. Динамическая нагрузка прикладывалась в виде эквивалентной статической. При этом для целей сопоставления предполагалось, что

статическая нагрузка на балку и статический эквивалент динамической равны. Для бетона при динамическом нагружении моделировалось динамическое упрочнение путем корректировки диаграмм состояния. Скорость деформаций при рассматриваемом в статье динамическом нагружении находилась в интервале от $10^{-2} \div 10^{-3} \text{ с}^{-1}$, что соответствует расчетной аварийной ситуации при внезапном разрушении одного из несущих элементов каркаса или сейсмическом воздействии.

В ходе расчёта железобетонной балки под действием статической и динамической нагрузки и их последующего сравнения было установлено, что скорость приложения нагрузки оказывает влияние в зонах между трещинами.

Напряженно-деформированное состояние сжато-изгибаемых элементов на участке с трещинами при динамическом воздействии является сложной проблемой, которая требует детального анализа и физического моделирования. Более точные и надежные методы анализа и оценки напряженно-деформированного состояния могут быть использованы для повышения безопасности и надежности строительных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Баженов Ю.М.* Бетон при динамическом нагружении / Ю. М. Баженов - М.: Стройиздат, 1970. – 272 с.
2. *Ву, Нгок Туен.* Деформирование и разрушение конструкций железобетонных каркасов многоэтажных зданий в запредельных состояниях: автореферат диссертация кандидата технических наук: 05.23.01/Ву Нгок Туен; [Место защиты: Юго-Западный государственный университет]. - Курск, 2020. – 24 с.
3. *Верюжский Ю.В.* Компьютерные технологии проектирования железобетонных конструкций / Ю. В. Верюжский, В. И. Колчунов, М. С. Барабаш, Ю. В. Гензерский - К.: НАУ, 2006. – 808 с.
4. *Дмитриев А.В.* Динамический расчет изгибаемых железобетонных элементов с учетом влияния скорости деформирования / А. В. Дмитриев - М.: Автореф. Дис. Канд. Техн. Нау., 1983. – 21 с.
5. *Попов Н.Н.* Расчет железобетонных элементов на кратковременные динамические нагрузки с учетом реальных свойств материалов / Попов Н.Н., Расторгуев Б.С., Кумпяк О.Г. // Строительная механика и расчет сооружений -1979. - № 3 - С.43-46.
6. *Курнавина С.О., Цацулин И.В., Манаенков И.К.* Влияние пластических деформаций на работу железобетонных изгибаемых элементов при смене знака усилия. Строительство и реконструкция. 2021;(6):50-62.

КРУЧЕНИЕ ЯДРОДИАФРАГМОВЫХ НЕСУЩИХ СИСТЕМ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

В современном проектировании используются различные методы учета эффекта кручения несущих систем зданий [1]. Целью таких исследований являются параметры, от которых зависит кручение зданий. Деформации кручения несимметричных конструкций является важнейшим свойством после определения массы, жесткости, расположения конструкций в плане[2-3].

Бимомент для системы глухих ядер и диафрагм, при действии только горизонтальной нагрузки можно определить по следующей зависимости [4]:

$$T_{\omega}'' = -q_y \cdot z_m + q_z \cdot y_m + \sum_r \frac{GJ_d}{B_{кр}} \cdot T_{\omega r} \quad (1)$$

где q_y – интенсивность горизонтальной нагрузки в плоскости оси Y;

q_z – интенсивность горизонтальной нагрузки в плоскости оси Z;

z_m – координата центра кручения по оси Z;

y_m – координата центра кручения по оси Y.

В данной работе представлены результаты исследования [5] кручения ядра и диафрагм жесткости в несущей системе. Было рассмотрено четыре схемы. Эти схемы здания с ядром жесткости и различным расположением диафрагм представлены рис. 1.

Исходные данные следующие: размер здания в плане 24x24 м с шагом колонн 6 м, высотой 60 м, сечение колонн 400x400 мм, толщина диафрагмы 200 мм и стенок ядра жесткости 400 мм. Бетон класса В30, арматура класса А500. Расчет велся только на горизонтальную ветровую нагрузку, без учета пульсационной составляющей. Изгибная жесткость колонн не учитывалась.

В результате [6] получены: распределение по высоте здания нормальных и сдвигающих усилий, изгибающие моменты и бимоменты, графики прогибов здания, углов поворота здания вокруг центра жесткостей. Координаты центра жесткостей по оси Y в м сведены в таблицу 1. Часть результатов приведена на рис.2 – рис.4.

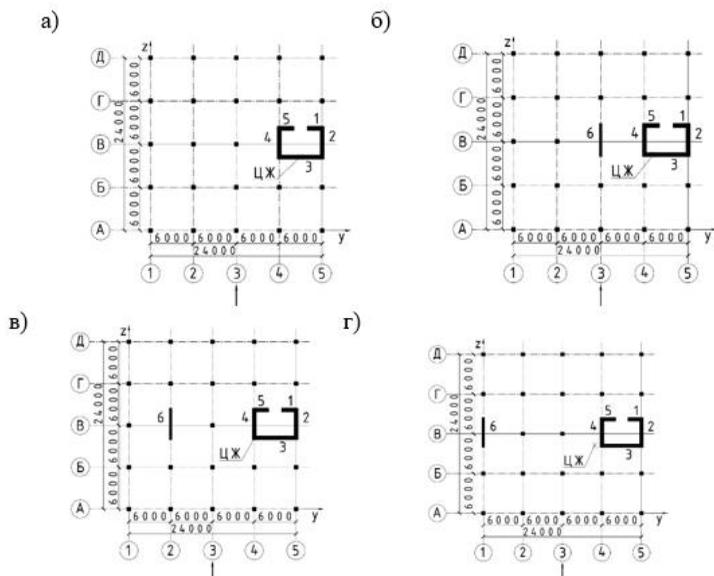


Рис. 1. Рассмотренные расчетные схемы здания:
 а) Схема 1 б) Схема 2 в) Схема 3 г) Схема 4

Таблица 1

Координаты центра жесткостей				
Ось	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4
По оси Y	21	19,232	18,04	16,908
По оси Z	10,262	10,263	10,263	10,263

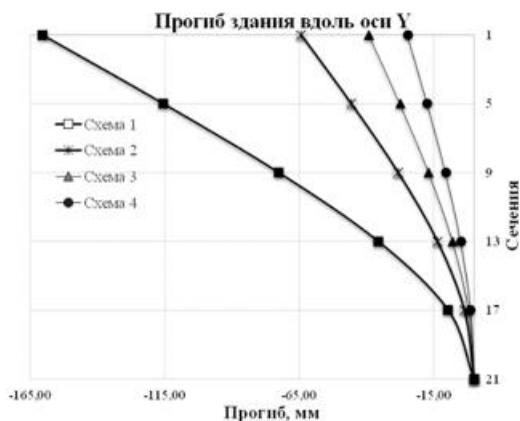


Рис. 2 График изменения прогиба вдоль оси Y по высоте

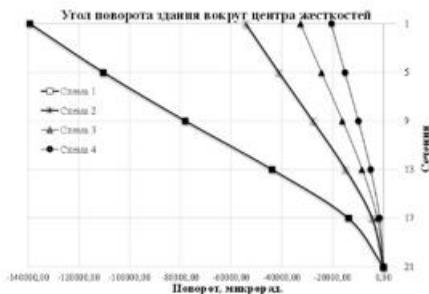


Рис. 3 Угол поворота вокруг центра жесткостей по высоте Z

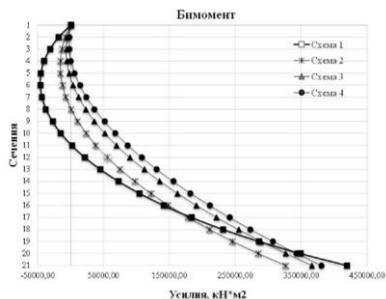


Рис. 4. График изменения бимоента по высоте

Полученные результаты показывают, что ядродиафрагменные несущие системы многоэтажных зданий, на которые действуют только горизонтальные нагрузки, подвержены значительному кручению. Ядра и диафрагмы жесткости изгибаются и скручиваются. Вследствие этого возникают большие значения прогибов и изгибающих моментов. При добавлении в несущую систему диафрагм жесткости эффект от изгиба и кручения значительно снижается, хотя диафрагмы не сопротивляются чистому кручению. Это связано с тем, что расстояние между центром масс и центром жесткостей уменьшается за счет смещения центра жесткости. Однако, чем ближе располагается диафрагма к ядру жесткости, тем меньше становится изгибно-крутильная жесткость несущей системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проектирование современных высотных зданий / под ред. Сюй Пэйфу: Пер. с китайского. – М.: Изд-во АСВ, 2008, – 496 с.
2. *Bui Q.-B., Hans S. Boutin C.* Dynamic behaviour of an asymmetric building: Experimental and numerical studies. //Case Studies in Nondestructive Testing and Evaluation 2 (2014) 38-48.
3. *Ким Д. А., Зуева М.К.* Анализ ветрового воздействия на здания различных форм. Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 10 (2022).
4. *Дроздов П.Ф.* Конструирование и расчет несущих систем многоэтажных зданий и их элементов. М., Стройиздат, 1977. 223 с.
5. *Люблинский В.А., Веприкова Е.М., Астанин А.А.* Программный комплекс «Анализ напряженно-деформированного состояния элементов многоэтажного здания (АВЕС V1.0.0.1)»: Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ No 2004612219/М.: РосПАТЕНТ, 2004

**АНАЛИЗ ФАКТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О НАРАСТАНИИ
ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ВО ВРЕМЕНИ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ
ИЗМЕРЕНИЯХ НЕРАЗРУШАЮЩИМИ МЕТОДАМИ В УСЛОВИЯХ
СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ, И ИХ СРАВНЕНИЕ С
ТЕОРЕТИЧЕСКИМИ ЗАВИСИМОСТЯМИ**

Статья посвящена теме контроля и оценки прочности бетона возведенных монолитных железобетонных конструкций в условиях строительной площадки [1-5]. Исследование направлено на оценку сходимости получаемых результатов о нарастании прочности бетона во времени при проведении лабораторного контроля конструкций с научными данными.

В данной работе рассматриваются фундаментные плиты жилого дома, при бетонировании которых использовался бетон БСТ В30 П4 F200 W10. Представлены сравнительные значения прочностных характеристик конструкций, измеренные на строительной площадке методом неразрушающего контроля и теоретической зависимостью нарастания прочности бетона во времени.

Одним из основных способов теоретического прогнозирования прочности бетона на сегодняшний день является методика, позволяющая выявлять наиболее точные данные по логарифмическому закону, выведенному экспериментальным методом Б.Г. Скрамтаевым [1]. При нормальных температурно-влажностных условиях увеличение прочности бетона длительное время происходит по логарифмической зависимости:

$$KR_{m(t)} = R_{m(28)} \cdot \frac{\lg t}{\lg 28} = 0,7R_{m(28)}\lg t, \quad (1)$$

где $R_{m(28)}$ и $R_{m(t)}$ – кубиковая прочность бетона в возрасте соответственно 28 и t суток.

Эта формула имеет осредненный характер. По ней возможно получить удовлетворительные результаты для тяжелых бетонов, твердеющих при температуре 15-20 °С и исключении пересыхания на рядовых среднеалюминатных цементных вяжущих в возрасте от 2 до 300 суток. Фактически же прочность на разных цементах нарастает с разной скоростью.

Формула Б.Г. Скрамтаева принята как основная, с результатами расчетов по которой выполнено сравнение полученных результатов прочности бетона в определенных условиях строительной площадки.

При анализе фактических данных о наборе прочности бетона в условиях строительства, полученных за время проведения лабораторного контроля участков фундаментных плит корпуса и автостоянки жилого дома, были получены следующие зависимости, представленные на рисунке 1.

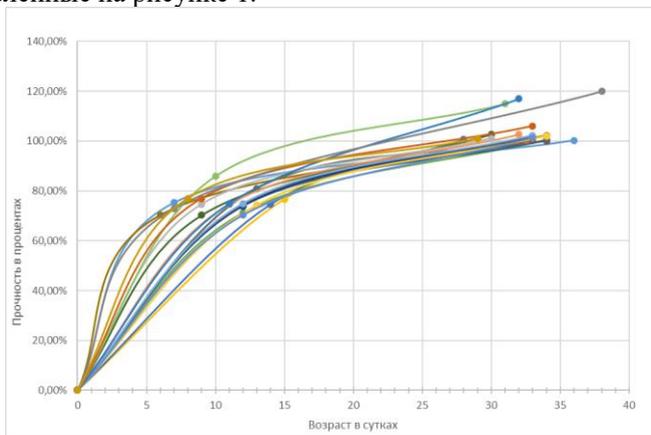


Рис. 1. Фактические зависимости по 20-ти участкам в промежуточном и проектном возрасте бетона

В целях наглядного сравнения полученных результатов с теоретической зависимостью было произведено усреднение фактических значений. Полученная зависимость и зависимость по формуле (1) представлены на рисунке 2.

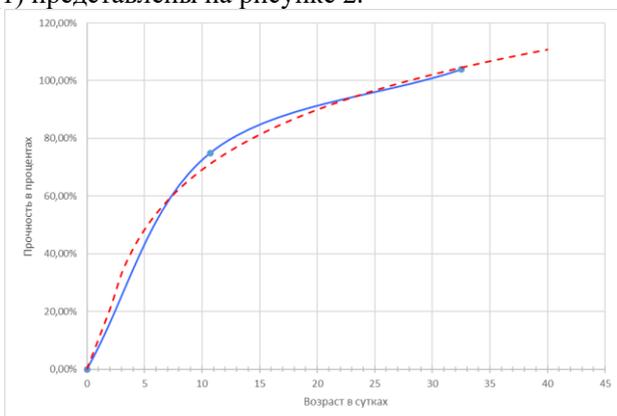


Рис. 2. Средняя фактическая зависимость и теоретическая зависимость (пунктир)

При предварительном анализе графиков было обнаружено незначительное отклонение в большую сторону фактической прочности бетона от теоретической по формуле (1) в промежуточном возрасте на 3,8-4% и соответствие результатов в проектном возрасте.

В заключение стоит добавить, что данный анализ не учитывал такие факторы в условиях строительной площадки, влияющие на нарастание прочности бетона во времени, как различие конструкций (вертикальные и горизонтальные конструкции, фундаменты), различие заводов поставщиков бетонной смеси, а также применение или не применение методов прогревания бетона в конструкциях. Анализ влияния данных факторов и сопоставление полученных результатов с теоретическими сведениями будет производиться в последующей работе над ВКР.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Скрамтаев Б. Г., Лецинский М. Ю.* Испытание прочности бетона. - Москва: Стройиздат, 1964. - 144-150 с.
2. *Стародубцев В. Г., Колтунов М. С.* Оценка прочности бетона заводского приготовления, используемого в железобетонных конструкциях, произведенных в условиях строительной площадки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2017. № 3
3. *Стародубцев В. Г.* Исследование изменчивости прочности бетона, твердеющего в разных условиях // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы междунар. акад. чтений /Курский государственный университет. Курск, 2014. С. 227.
4. *Грязнов А. С.* Влияние технологических факторов производства монолитных работ на качество бетонных конструкций // Шаг в науку. – 2023. – № 1. – С. 26–30.
5. *Ерышев В. А., Анпилов С. М., Мурашкин В. Г., Тошин Д. С.* Комплексная оценка прочностных свойств бетона монолитного безбалочного каркаса // Эксперт: теория и практика. 2020. №5 (8) – С. 24–29.

УЧЁТ ДЕФОРМАЦИОННОГО ЭФФЕКТА НА РАСКРЫТИЕ ТРЕЩИН В УЗЛАХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ РАМЫ

Несмотря на значительный опыт исследований железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы методы расчета жесткости их трещиностойкости судя по научным публикациям российских и зарубежных авторов, остаются все еще дискуссионными и недостаточно строгими. Например, в работе [1] экспериментальными исследованиями на конструкциях балок что показано что используемые в действующих нормативных документах зависимости для определения ширины раскрытия трещин весьма условны и не отражают физическую суть этого явления и не учитывают важные особенности деформирования растянутого бетона и арматуры при раскрытии трещины. В то же время установленный в работах [2,3] так называемый деформационный эффект в теории железобетона позволяет более строго описывать рассматриваемые явления раскрытия трещин в железобетонных конструкциях. В связи с этим в данной работе применительно к сложно напряженным конструкциям узлов сопряжения ригелей с колоннами в железобетонных рамах каркасов зданий приведены результаты исследований по учету деформационного эффекта на ширину раскрытия трещин в таких конструкциях. Оценка этого параметра выполнена аналитическими методами и численным методом МКЭ с использованием ПК ЛИРА САПР.

Для исследования использовались двухуровневые расчётные схемы Расчетная схема железобетонной трехпролетной рамы первого и второго уровней приведены на рисунке 1. ригели рамы нагружены равномерно распределенной нагрузкой. Жесткие узлы сопряжения ригелей и колонн рамы моделировались плосконапряженными вставками жесткость которых зависела от наличия трещин при приложении на первом этапе статической части нагрузки и варьировалась в процессе расчета. Сечение ригелей и стоек рамы было принято 220x120 мм. Шаг стоек и высота этажа рамы приняты 3,0м, Рабочая арматура ригелей принята класса А500 из стержней диаметром 16 мм.

При расчете подконструкции плосконапряженной вставки жесткость конечных элементов в своей плоскости определялась до и после образования трещин. Снижение жесткостей элементов с трещинами производилось уменьшением толщины плосконапряженных элементов в которых были превышены критерии трещиностойкости из условия прочности бетона на растяжение.

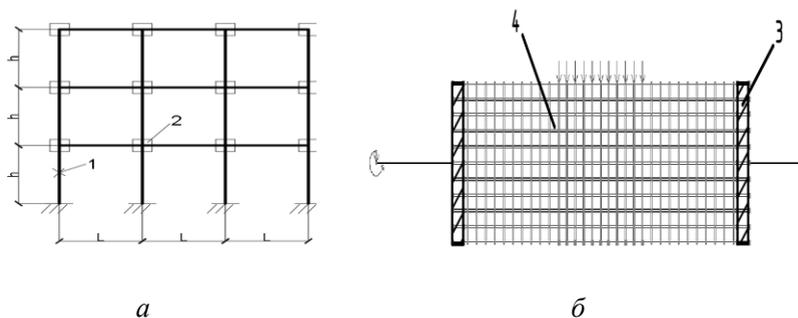


Рисунок 1. Расчетная схема первого (а) и второго(б) уровня: 1-удаляемая колонна; 2-плоско напряженная вставка; 3-жесткая пластина;4-конечный элемент

При проведении расчетного анализа ширину раскрытия трещин в - плоско напряженной вставке определяли по двум методикам.

1. По методике действующих норм [4]:

$$a_{crc} = \varphi_1 \times \varphi_2 \times \varphi_3 \times \psi_s \times \frac{\sigma_s}{E_s} \times l_s \quad (1)$$

2. По методике, предложенной в работах [2,5] учитывающих деформационный эффект в растянутом бетоне и арматуре в сечении с трещиной:

$$a_{crc} = \varphi_1 \times \varphi_2 \times \varphi_3 \times k_r \times \left[-\frac{2 \times \Delta T}{G \times t_*} + \frac{2 \times B_3}{B} \times (1 - e^{-B \times (0,5 \times l_{crc} - t_*)}) + 2 \times B_2 \times (0,5 \times l_{crc} - t_*) \right] \leq a_{crc,ult}. \quad (2)$$

Параметрами, входящими в формулу (2) учитывающие граничные деформации удлинения бетона, эффект нарушения сплошности бетона (эффект Вл.И. Колчунова), геометрические характеристики сечения, а также характеристики сцепления арматуры и бетона определены по зависимостям [5].

Результаты этого расчета представлены на рисунке 2. Из анализа этих данных можно видеть, что учет деформационного эффекта позволяет значительно снизить расчетную ширину раскрытия трещин в плоско напряженной жесткой вставке в узле железобетонной рамы.

Заключение: Проведенное исследование учета деформационного эффекта в сечении с трещиной для растянутой зоны железобетонного

элемента показало, что учет этого физического явления позволяет зна-

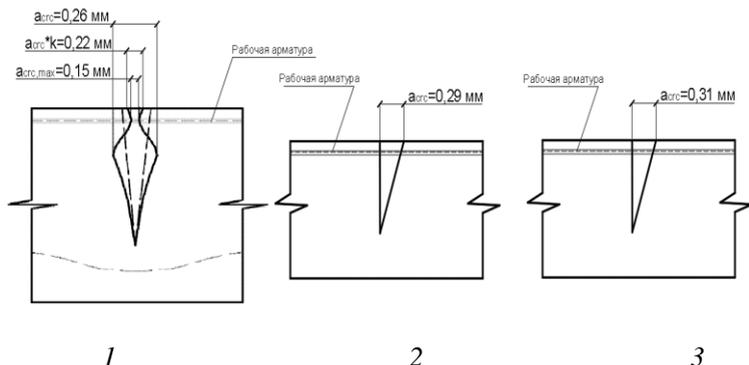


Рис. 2. Ширина раскрытия трещин в наиболее напряженной области a на уровне арматурного стержня и на удалении двух- трех диаметров от него: по методике норм [5]; 2- по методике [1,3]; 3- расчет по ЛИРЕ-САПР

чительно снизить расчетную ширину раскрытия трещин и, следовательно, снизить армирования в железобетонных конструкциях определяемое из расчета по критерию ширины раскрытия трещин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колчунов В.И., Демьянов А.И., Яковенко И.А., Гарба М.О. Приведение в соответствие опытных данных трещиностойкости железобетонных конструкций их теоретическим значениям // Наука та будівництво. 2018. №1 (15). С. 42–49.

2. Демьянов А.И., Наумов Н.В., Колчунов В.И. Методика определения параметров деформирования и трещиностойкости железобетонных составных конструкций, испытывающих кручение с изгибом // Известия высших учебных заведений. Строительство.– 2018.– 7-С 5-16

3. Колчунов В.И. Проблема раскрытия трещин в железобетоне. Строительство и реконструкция.2024;(1): - С. 14-29.

4. Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н., Терехов И.А. и др Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций без предварительного напряжения (к СП 63.13330.2018)/- МИЗд-во ООО Бумажник-2023.-360с.

5. Колчунов В.И., Травуш В.И., Карпенко Н.И., Колчунов В.И., Демьянов А.И., Наумов Н.В., Булкин С.А. Пособие по расчету железобетонных элементов работающих на кручение с изгибом. К СП 63.13330.2018 -100с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Современный мир тяжело представить без использования железобетонных конструкций. Вместе с тем, не смотря на большое количество преимуществ, данный строительный материал также не лишен недостатков. На данный момент существует огромное количество модернизируемых и реконструируемых зданий. Прогнозирование безопасной эксплуатации железобетонных конструкций носит в основном качественный характер, то есть не имеет установленную достоверность. Одним из способов количественной оценки остаточного ресурса железобетонных зданий является расчет на долговечность.

Предположим, что на железобетонный элемент действуют статические и циклические загрузки. В таком случае, суммарное напряжение в данном элементе можно определить по формуле (1):

$$\sigma^{\Sigma} = \sigma^{\text{стат}} + \sigma^{\text{цикл}}, \quad (1)$$

где $\sigma^{\text{стат}}$ – напряжение от статических загрузений;

$\sigma^{\text{цикл}}$ – напряжение от циклических загрузений.

На рисунке 1 представлена зависимость между напряжениями в рассматриваемом элементе и количеством циклов загрузения.

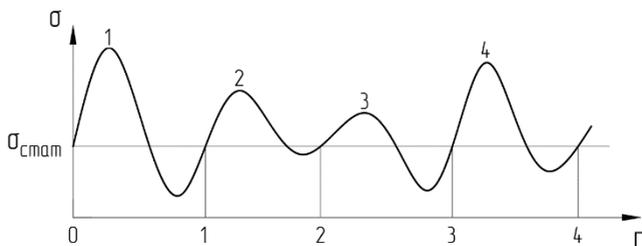


Рис.1 Зависимость напряжений от количества циклов загрузения

Согласно [1] кривую Вёлера будем аппроксимировать по следующей формуле:

$$\sigma_{\text{проч}} = \sigma_0 / e^{\rho_m \cdot \beta \cdot (n-1)}, \quad (2)$$

где σ_0 – предел прочности бетона;

ρ_m – коэффициент, показывающий соотношение σ^{Σ} к $\sigma^{\text{стат}}$;

β – показатель выносливости, в дальнейших расчетах примем $\beta=10^{-6}$.

Для постановки численного эксперимента построим каркас монолитного железобетонного здания в программном комплексе Lira SAPR в соответствии с СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные здания» и зададим статические и циклические загрузки в соответствии с СП 20.13330.20216 «Нагрузки и воздействия». Далее будем рассматривать плиты перекрытий. Рассмотрим плиты перекрытия многоэтажного жилого дома. Толщина плит составляет 180 мм, используемый класс бетона В40, армирование плиты выполнено из $\varnothing 12 \times 200$, $\varnothing 16 \times 200$ А500С.

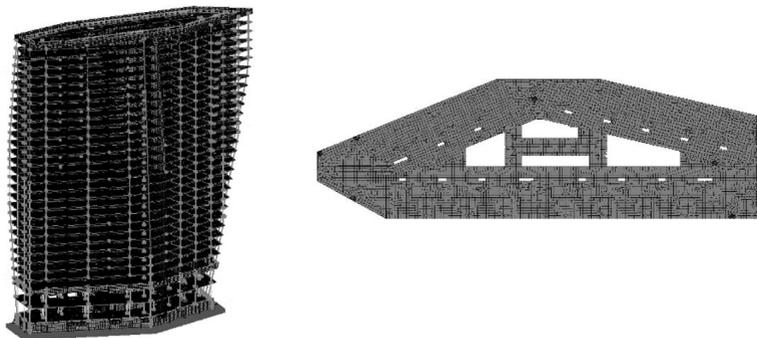


Рис. 2 Общая расчетная схема и наиболее нагруженная плита, фрагментированная на горизонтальную плоскость

Построим кривую Вёлера в соответствии с выражением (2).

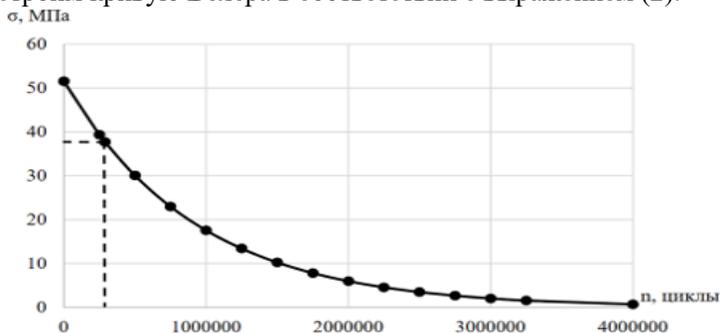


Рис.3 Кривая Вёлера

Полученной согласно расчету $\sigma^2 = 37,7$ МПа соответствует $n' = 290000$ циклов. Определив количество циклов, рассчитаем годовую потерю ресурса по формуле 3.

$$\omega' = N_r / n', \quad (3)$$

где N_r – количество циклов нагружения в год, примем $N_r = 400$ циклов.

Годовая потеря ресурса составит 0,00138.

Срок эксплуатации плит перекрытия составит 193 года, что соответствует требованиям ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения»

Согласно [2-4] построим график зависимости потери прочности от времени.

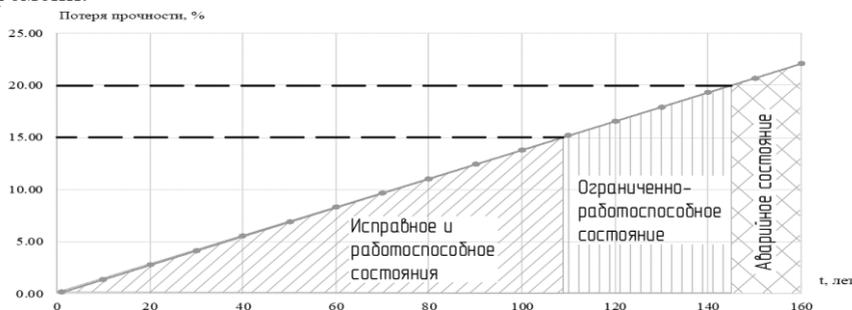


Рис.4 График зависимости потери прочности от времени

Как видно из графика, в течении 110 лет плиты перекрытия сохраняют исправное и работоспособное состояния.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разработка методики расчета элементов конструкции многоэтажного жилого здания на долговечность / *Р. А. Каюмов, И. З. Мухамедова, В. О. Красильников, Б. Ф. Тазюков* // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – № 4(42). – С. 167-173. – EDN ZTSUJN.

2. *Ефремов А.М.* Учет совместного влияния дефектов на несущую способность конструкций / *А.М. Ефремов, Д.В. Бойко, Е.Ю. Сергеевцев, Н.Н. Трекин, Э.Н. Кодыш, И.А. Терехов, С.Д. Шмаков* // Промышленное и гражданское строительство. 2022

3. *Тамразян, А. Г.* Методология анализа и оценки надежности состояния и прогнозирование срока службы железобетонных конструкций / *А. Г. Тамразян* // Железобетонные конструкции. – 2023. – Т. 1, № 1. – С. 5-18. – EDN MGOLLW

4. *Гарынкина, Е. Н.* Прогнозирование ресурса железобетонных монолитных плит перекрытия / *Е. Н. Гарынкина* // Огарёв-Online. – 2018. – № 9(114). – С. 2. – EDN XUFGXJ

5. *Тамразян А.Г., Алексейцев А.В.* Эволюционная оптимизация нормально эксплуатируемых железобетонных балочных конструкций с учетом риска аварийных ситуаций. Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 9. С. 45-50.

СЕКЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Студент 6 курса 61 группы Артамонов М.

Научный руководитель - проф., д-р техн. наук, проф. В. Л. Мондрус

РАСЧЕТ 34-ЭТАЖНОГО МОНОЛИТНОГО ЗДАНИЯ НА ЗАЩИТУ

В данной научной работе рассматривается проект выпускной работы. 34-этажное здание располагается в районе «Метрогородок» северо-восточного административного округа г. Москвы.

Цель настоящего исследования заключается в разработке системы защиты для высотного жилищного комплекса от антропогенных рэлеевских колебаний.

Основными заданиями данной исследовательской работы являются:

- подбор подходящего способа обеспечения защиты для здания;
- осуществление расчетов колебательных движений здания с учетом применения защитных мер против сейсмических рэлеевских колебаний и без таковых;

- оценка и анализ полученных данных.

Вибрации почвы, возникающие из-за воздействия внешних динамических факторов вроде проезда автомобилей и поездов, проведения строительных и взрывных работ, а также промышленных процессов, оказывают отрицательное воздействие на здания и сооружения, расположенные поблизости.

Волновые движения делятся на два основных типа: поверхностные и объемные. Объемные волны, к которым относятся S-волны и P-волны, проникают через земные недра. Поверхностные волны, в свою очередь, распространяются только вдоль поверхности планеты, имея меньшую скорость и частоту. К ним относятся волны Лява, Стоунли и волны Рэля.

Волна Рэля представляет собой тип волн, существование которого было математически обосновано в XIX веке. При ее движении по земной поверхности наблюдается горизонтальное и вертикальное перемещение. Волна Рэля оказывает влияние только на приповерхностные слои почвы, быстро угасая с углублением. Ее скорость можно рассчитать по специальной формуле:

$$v_R = \frac{0,87 + 1,12v}{1 + v} v_s = \frac{0,87 + 1,12v}{1 + v} \sqrt{\frac{E}{2\rho(1 + v)}} = \frac{0,87 + 1,12v}{1 + v} \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

где v , ρ и E – коэффициент Пуассона, плотность и модуль Юнга соответственно. Константа G – второй параметр Ламе.

Было установлено, что распределение входной энергии между типами волн следующее: 7% приходится на P-волны, 26% - на S-волны, а 67% -

на волны Рэлея, что делает последние основным носителем вибрационной энергии. В связи с этим, защита от волн Рэлея представляет собой насущную проблему при защите зданий и сооружений от вибраций.



Рис. 1, 2. Схемы устройства круговых траншей

При превышении уровней допустимого воздействия вибрации принимаются меры для снижения нежелательного воздействия. Для этого разработаны три основных подхода к смягчению вибраций: уменьшение источников воздействия, нарушение процесса распространения волн в грунте и контроль колебаний зданий.

Также было предложено использование горизонтальных сейсмических барьеров, основанное на работах П. Чадвика, который утверждал, что волны Рэлея не могут распространяться, если поверхность заземлена.

Для снижения грунтовых вибраций одним из эффективных методов является создание волнового барьера между зданием и источником вибрации.

В данном проекте в качестве защиты от рэлеевских волн антропогенного происхождения был выбран вертикальный кольцевой барьер, эффективность которого подтверждена численными расчетами и показывает значительное снижение уровня колебаний на верхних этажах проектируемого здания.

Для исследования эффективности защиты многоэтажного жилого здания от рэлеевских волн при помощи вертикального кольцевого барьера использовался программный комплекс ABAQUS 6.14.

Данные численного моделирования демонстрируют высокую степень защиты, обеспечиваемую кольцевым барьером, что подтверждает его эффективность в борьбе с колебаниями, вызванными рэлеевскими волнами. Уменьшение вибрации на уровне верхних этажей на 2,4 пункта свидетельствует о значительных преимуществах применения вертикального кольцевого барьера для защиты высоких зданий от негативных воздействий антропогенных колебательных волн.

Важно отметить, что выбор стратегии защиты от вибрационных воздействий, в частности от рэлеевских волн, должен учитывать множество факторов, включая геологические и географические условия района, тип и назначение защищаемого здания, а также возможные последствия вибрации для здоровья и безопасности людей.

В заключение следует подчеркнуть, что инновационные решения в области защиты от рэлеевских волн открывают новые перспективы для строительства надежных зданий в условиях современной городской среды, предотвращая отрицательное воздействие антропогенных вибраций [1-5].

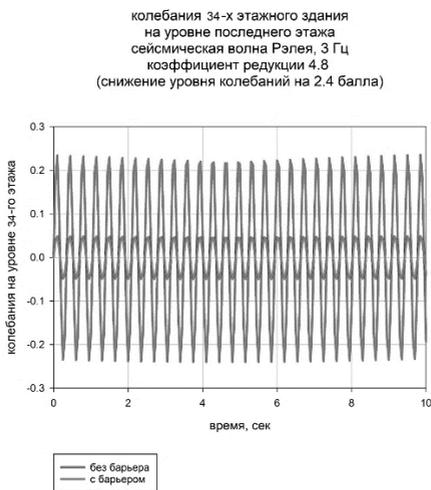


Рис. 3. Сравнение уровня колебаний здания с использованием сейсмического барьера и без барьера

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Р.В. Гольдштейн, С.В. Кузнецов.* Поверхностные акустические волны в диагностике слоистых сред. Чувствительность волн к вариации свойств отдельных слоев// Журнал прикладная математика и механика. - 2013. -№77(1). -с. 74-82.
2. *Lord Rayleigh.* On waves propagated along the plane surface of an elastic solid// Proc London Math. -1885. -№1. -с. 1-17.
3. *И.А. Викторов.* Звуковые поверхностные волны в твердых телах. -М.: Наука, 1981. -287с.
4. *A.A. Maradudin, D.L. Mills.* Attenuation of Rayleigh surface waves by surface roughness// Appl. Phys. Letters. -1976. -№28. -с. 573-575.
5. *Э.В. Горшков, С.В. Кузнецов.* Защита подземных частей зданий от воздействия плоских сейсмических волн// Строительное производство. -2020. -№1. -с. 77-81.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДА ПРЯМОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ И МЕТОДА НОРМАЛЬНЫХ ФОРМ НА ПРИМЕРЕ РАСЧЁТА ПЛАСТИНЫ НА ГАРМОНИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ

Гармонический анализ – это метод, используемый для определения реакции системы на установившееся гармоническое возбуждение. В качестве примера входного воздействия гармонического анализа можно привести вибрационное воздействие механизмов, несбалансированных шин или лопастей турбин. Возбуждение для данного типа анализа необходимо задавать в частотной области.

Постановка задачи. В данной работе рассмотрена задача расчёта тонкой железобетонной квадратной пластины ($a \cdot b \cdot h = 2\text{м} \cdot 2\text{м} \cdot 0.1\text{м}$) на гармоническую нагрузку на упругом основании [1-5]. Расчёт производился в FEMAP with NX Nastran. Расчётная схема приведена на Рисунке 1.

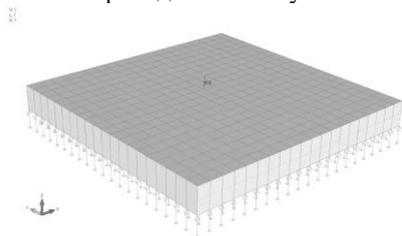


Рис. 1. Расчётная схема тонкой пластины под действием гармонической нагрузки

Жёсткость и демпфирование упругого основания задана с помощью элементов типа SPRING/DAMPER, характеристики которых рассчитаны по п. 6.1 СП 26.13330.2012. Чтобы ограничить отклик на синусоидальное воздействие, вводится критическое демпфирование (10%) на всем диапазоне частот. В общем случае демпфирование является частотозависимым, но данный аспект в работе не рассматривается.

Для сравнения было рассмотрено два численных метода: прямой метод и метод нормальных форм. В [1] даётся рекомендация по рациональному использованию каждого метода в зависимости от размерности задачи, задания демпфирования и количества частот возбуждения. Рекомендации показаны в Таблице 1.

Метод прямого интегрирования решает связанные уравнения движения в терминах частоты возбуждения. Метод нормальных форм делает вычисление более эффективным с помощью использования собственных форм колебаний, сумма реакций по формам колебаний является реакцией для конкретной частоты возбуждения.

Рекомендации по использованию прямого метода или метода нормальных форм

	Метод нормальных форм колебаний	Метод прямого интегрирования
Маленькая модель		X
Большая модель	X	
Небольшое число частот возбуждения		X
Большое число частот возбуждения	X	
Высокочастотное демпфирование		X
Демпфирование не по формам		X
Высокая точность		X

При использовании метода нормальных форм сначала необходимо выполнить модальный анализ. На основе модального анализа определяется суммарная эффективная модальная масса по каждой из осей в глобальной системе координат. На Рисунке 2 показано, что все 20 вычисленных форм охватывают 100% суммарной эффективной модальной массы, поэтому на основе данного модального анализа возможно выполнять гармонический анализ. На Рисунке 3 а-г показаны 1, 7, 19, 20 формы колебаний.

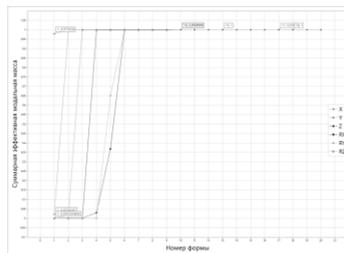


Рис. 2. Суммарная эффективная модальная масса



Рис. 3 а-г. Формы колебаний пластины

Результаты по методу нормальных форм и методу прямого интегрирования показаны на Рисунке 4. Время расчёта прямым методом 63 с для данной модели, методом нормальных форм – 140 с. Максимальное перемещение по вертикальной оси по прямому методу – 2,14 мм, по методу нормальных форм – 0,5 мм, разница составляет 1,64 мм.

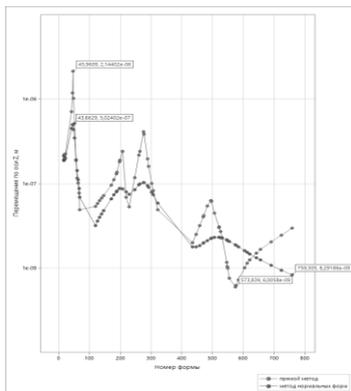


Рис.4. Сравнение методов на значениях перемещений по вертикальной оси

Выводы. Как показано в Таблице 1 на малой модели лучше использовать метод прямого интегрирования, что подтверждается более точными значениями перемещений на Рисунке 4. При увеличении размерности задачи эффективность модального метода достигается за счет уменьшения времени расчёта и увеличения количества собственных частот колебаний конструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки//Изд. «Наука», 1966. С. 190-198.
2. NX Nastran Basic Dynamic Analysis User's Guide. TAUCS Version 2.0, November 29, 2001. Copyright (c) 2001, 2002, 2003 by Sivan Toledo
3. Вольмир А. С., Нелинейная динамика пластинок и оболочек, «Наука», 1972 г., 432 стр.
4. Кудачёва К.А.. Колебания пластин и пологих оболочек под действием переменной во времени и несимметричной по плану нагрузки // Мат.мод., комп. и нат. эксп. в ест. н. 2020. №2.
5. Филлин А.П. Элементы теории оболочек. Л., Стройиздат, 1987.

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ СЕТКИ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОЦЕНТ ПРОДОЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ ПЛИТЫ

В современном мире информационные технологии уже многие годы идут бок о бок с абсолютно любой сферой нашей жизни. Архитектурно-строительное проектирование также не является исключением. Системы автоматизированного проектирования (САПР) заметно облегчают и ускоряют работу [1], поэтому быстро стали незаменимым инструментом для многих проектировщиков.

Программные комплексы, с помощью которых производится расчет конструкций, базируются на использовании метода конечных элементов [4]. Так, при моделировании, построение сетки конечных элементов – один из самых важных этапов, размеры и формы которого будут напрямую влиять на процент армирования конструкции.

В ПК ЛИРА САПР 2022 мы рассмотрим модель каркаса трёхэтажного монолитного железобетонного здания с шагом колонн 6 м в продольном и поперечном направлениях. Такой выбор объясняется популярностью данного конструктивного решения в современном строительстве [8]. Высота этажа 3 м. У элементов приняты следующие параметры: сечение колонны 40х40 см; сечение плиты перекрытия с $H=22$ см и сечением фундаментной плиты $H=30$ см. Класс бетона – В20. Арматура – А400. Расчёт производился на жёстком основании.

1. Загружение 1 см [1. Основная задача; C1. Основная задача; D1. Основная задача]

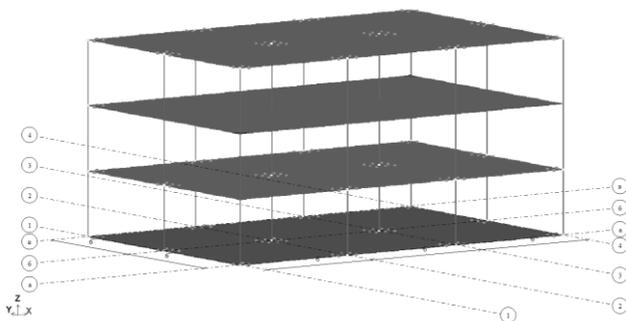


Рис. 1 – расчетная схема сооружения

В узлах примыкания колонн к перекрытию было замоделировано абсолютно жёсткое тело, что позволило отразить передачу эксцентриситета нагрузки от колонны.

На каркас действуют только вертикальные нагрузки:

Загружение 1 – Собственный вес ЖБ – учитывается автоматически

Загружение 2 – Полезная нагрузка = 0,25 т/м²

Коэффициенты надёжности по нагрузке приняты в соответствии с [2].

Нормы железобетонного расчёта приняты в соответствии с [3].

Окончательный анализ напряженно-деформированного состояния проводился по РСУ. Чаще всего при разбиении исследуемой области модели на конечные элементы производится деление на четырехугольные и треугольные подобласти [7]. В нашем случае, в ходе триангуляции контура были приняты следующие варианты разбиения сетки конечных элементов: 4-узловые КЭ с шагом 0,1м; 0,2м; 0,4м; 0,5м и 0,6м; 3-узловые КЭ с шагом 0,5. Были получены следующие результаты расчёта:

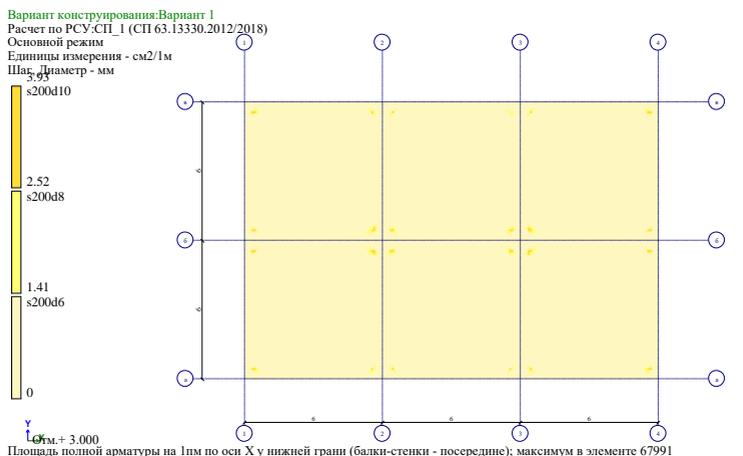


Рис. 2 – расчётная схема сооружения

Таблица 1

Результаты расчёта

Шаг сетки, м	Форма контура	Макс. Площадь арматуры по x, см ² /м
0,1	прямоугольник	3,93
0,2	прямоугольник	3,93
0,4	прямоугольник	2,52
0,5	прямоугольник	3,93
0,6	прямоугольник	2,52
0,5	треугольник	7,69

Как можно заметить, процент армирования в случае дробления контура сетки на 4 узла может и увеличиваться, и уменьшаться в зависимости от размера сетки. При этом максимальным он становится в случае выбора триангуляции по трём узлам.

Как мы установили, точность расчётов напрямую зависит от выбора сетки: в местах, где нужно более детально проанализировать полученные результаты имеет смысл снижать размер сетки конечных элементов. Тем не менее, не практично оставлять её такой на остальных участках плиты, так как тогда будет затрачено слишком много ресурсов и сильно повысится время расчёта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Исламов Х., Худоерова Ф.* Современные программные комплексы в инженерной практике. Scientific progress, 2021
2. СП 20.13330. 2017 – нагрузки и воздействия.
3. СП 63.13330. 2017 – Бетонные и железобетонные конструкции.
4. *Н.Б. Аксенов, С.А. Акопян* Анализ влияния параметров сетки конечных элементов на результаты подбора продольной арматуры в монолитном безбалочном перекрытии, 2017
5. *Перельмутер А.В., Сливкер В.И.* Расчетные модели сооружений и возможности их анализа. – М, 2007. – 595 с
6. *Metin Husem, Selim Pul.* Investigation of strain models for confined high strength concrete // «Sadhama» Vol. 32, Part 3, June 2007, pp 243-253. –India.
7. *Задорожная А.В.* Анализ зависимости результатов подбора арматуры от параметров триангуляции в среде ПК САПФИР. / Задорожная А.В., Балозян М.А., Аксенов Н.Б., Семочкин М.Д // Молодой исследователь Дона. – 2017 – №5(8)
8. *Задорожная А.В.* К вопросу подбора арматуры безбалочных перекрытий с использованием возможностей ПК САПФИР / Задорожная А.В., Аксенов Н.Б. // Инженерный вестник Дона. – 2017 – №2

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЯ

При обследовании принимается, что при соблюдении требований нормативно-технической и проектной документации гарантирована необходимая достоверность результатов обследования, но в обследованиях надежности и безопасности строительных объектов отсутствует раздел, который подтверждает, что использованные методы, методики, оборудование и аппаратура обеспечивают риски получения недостоверных результатов обследований [1-9].

Примером являются строительные объекты повышенной ответственности, риски аварий в течение срока их эксплуатации не должны превышать значений порядка 10^{-6} - 10^{-7} .

Для того, чтобы оценить возможность получения недопустимой недостоверности или неопределенности результатов обследований необходимо рассмотреть следующие риски:

-снижение метрологической надежности используемых методов и методик;

-недостаточность данных об интенсивности эволюционных параметров и эволюционных векторов;

-неполный объем выявленного перечня нагрузок и воздействий, которые являются основной причиной отказов строительных конструкций;

-недостаточный перечень требований в нормативно-технической документации;

-риск некорректной интерпретации промежуточных и конечных результатов исследования.

Для оценки суммарного риска получения недостоверных результатов обследований используется вероятность реализации исходных событий, снижающих достоверность результатов исследований.

1. Несовместные события, которые не могут произойти одновременно в ходе исследования. Риск определяется как сумма соответствующих вероятностей реализаций P_i каждого из них.

$$R_{\text{онс}} = \sum_{i=1}^N P_i$$

2. Независимые события, и вероятность того, что либо P_i , либо P_j будут реализованы, остается одинаковой независимо от того, произошло ли другое или нет. Их риск определяется по формуле:

$$R_{\text{онз}} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_i \cdot P_j$$

3. Зависимые события - события, вероятность реализации которых зависит от реализации другого события. Риск их реализации $R_{0зс}$ будет равен

$$R_{0зс} = \sum_{I=1}^N \sum_{J=1}^N P_I \cdot P_{I|J}$$

4. Совместные события, реализация которых происходит совместно, например, попарно. Риск их реализации $R_{0сс}$, например, в случае несовместных парных реализаций, будет равен

$$R_{0сс} = \sum_{I=1}^N \sum_{J=1}^N P_I + P_J - P_I \cdot P_J$$

Когда риски событий (1-4) можно считать несовместными, то общая вероятность риска получения недостоверных результатов исследований будет равна сумме

$$R_0 = R_{0нс} + R_{0нз} + R_{0зс} + R_{0сс}$$

Если событий независимы, то общая вероятность риска получения недостоверных результатов исследований будет равна произведению

$$R_0 = R_{0нс} \cdot R_{0нз} \cdot R_{0зс} \cdot R_{0сс}$$

В реальных условиях на строительных объектах могут присутствовать совместные и несовместные, зависимые и независимые события. В таком случае вероятность риска получения недостоверных результатов исследования технического состояния сооружения может быть определена по следующей формуле:

$$R_0 = \sum_{I=1}^S \sum_{J=1}^S P_I + P_J - P_I \cdot P_J + \sum_{I=1}^{Ns} P_I + \sum_{I=1}^Z \sum_{J=1}^Z P_I \cdot P_{I|J} + \sum_{I=1}^{Ns} \sum_{J=1}^{Ns} P_I \cdot P_J$$

где S, Ns, Z, Nz –соответственно число совместных и несовместных, зависимых и независимых событий нарушения достоверности результатов обследований технического состояния здания.

В связи вышесказанным, можно сделать вывод, что повышение достоверности результатов обследований и мониторинга технического состояния зданий и устранение неопределенностей в результатах

обследований позволит не только установить причинно-следственные связи малоизученных закономерностей и физического износа строительных конструкций из-за перепроектирования, но и повысить надежность и безопасность их эксплуатации.

Представленный подход к оценке рисков иллюстрирует существенное различие между классическими методами разработки научных исследований и типичным исследованием инженерного оборудования.

Следует также учитывать, что существующие нормативные документы являются, по сути, рамочными рекомендациями и физически не могут содержать все знания, навыки, умения и компетенции, необходимые специалистам по предметам в соответствии с учебным планом высшего образования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ж.Г.Могилюк, М.С.Хлыстунов.* Оценка достоверности результатов обследования и мониторинга технического состояния здания // *Высотные здания.*- 2018. - №3. – С.108-111.
2. *Подувальцев В.В., Хлыстунов М.С.* Микровибродинамические процессы формирования сверхпроектных нагрузок на строительные конструкции. Научная монография –М.: Изд. МИСИ-МГСУ, 2013, 218 с.
3. *В.В.Леднев, В.П.Ярцев.* Обследование и мониторинг конструкций зданий и сооружений. 2017.
4. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
5. *А.П.Мельчаков.* Расчет и оценка риска аварии и безопасного ресурса строительных объектов: учебное пособие. 2006.
6. *Подувальцев В.В., Хлыстунов М.С, Могилюк Ж.Г.* Исследование адекватности цифровых технологий мониторинга безопасности объектов техносферы // *Безопасность в техносфере.* т.3., №2, 2014, с 14-17.
7. *Тамразян А.Г., Клюева Н.В.* Основополагающие свойства конструктивных систем, понижающих риск отказа элементов здания // *Известия Юго-Западного государственного университета,* №5(44), 2012г.
8. *Кузнецова А.А, Пичугина А.А.* BIM-технологии при обследовании зданий и сооружений. // *Материалы XI научно-практической конференции «Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения».* 2021, с 42.
9. *Фарфель М.И, Гукова М.И., Кондрашов Д.В., Кончишин Д.Ю.* Значимость проведения мониторинга напряженного состояния конструкций уникальных сооружений. // *Материалы XI научно-практической конференции. «Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения».* 2021, с 112.

Студент 4 курса 1 группы ИПГС Краюшкин М.В.,

Студентка 4 курса 1 группы ИПГС Рачковская Е.В.

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук А.И. Каракозова

СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В настоящее время в России востребовано возведение большепролётных сооружений. В гражданском строительстве их представителями являются спортивные арены, ледовые дворцы, стадионы, аэропорты и мосты. Такие сооружения требуют более строго подхода к их проектированию.

Значительным аспектом расчета подобных конструкций является проверка на сейсмостойкость. В отечественном и зарубежном опыте существуют методики расчета, позволяющие учесть влияние сейсмической нагрузки на конструкцию.

Сейсмостойкостью сооружения называют способность сооружения сохранять после расчетного землетрясения функции, предусмотренные проектом [1].

В зависимости от региона строительства угроза землетрясений может быть различной. С помощью карт общего сейсмического районирования территории [1], определяют интенсивность землетрясений в баллах в зависимости от вероятности возможного превышения интенсивности землетрясений в течение 50 лет – 10%, 5% и 1%.

Сейсмическими районами считаются Кавказ, Дальний Восток (Камчатка, Сахалин), Восточная и Южная части Сибири. 15% площади РФ является сейсмоопасной [1].

Существует два варианта расчета конструкции на сейсмостойкость: классический и с применением систем активной сейсмозащиты здания. В первом виде расчета определяется сейсмическая нагрузка, которая включается в особое сочетание нагрузок. Затем определяются усилия, на которые рассчитываются несущие конструкции зданий и сооружений (выполняется проверка и подбор сечений) [2].

Второй вид расчета чаще всего применяется за границей (например, в Японии), однако, в России и странах СНГ он набирает обороты. В отличие от классического расчета в нем не просто определяется нагрузка, на которую рассчитывается конструкция. Суть метода состоит в том, чтобы снизить влияние интенсивности землетрясения на надземную часть здания с помощью применения систем активной сейсмозащиты зданий [2].

Конструкция рассчитывается и на пониженные (проектные), и на максимальные (расчетные) влияния землетрясения. При расчете на проектные землетрясения здание должно отвечать полностью всем

требованиям первой группы предельных состояний (не должны произойти обрушение, потеря устойчивости, переход конструкции в пластическую стадию, появление пластических шарниров и переход конструкции в механизм) и должна соблюдаться большая часть требований по второй группе предельных состояний. Проектное землетрясение является воздействием, которое здание обязано пережить без всяких потерь [2].

В случае с максимальными расчетными землетрясениями (раз в 1000 лет) здание может не отвечать требованиям второй группы предельных состояний, а отдельные элементы могут не соответствовать даже первой группе предельных состояний. У здания могут отлетать элементы фасада, кровли, разрушаться отдельные стойки, перегородки, разбиваться стекла, но само здание в целом не должно обрушиться.

Решение о дальнейшей эксплуатации здания будет получено после прохождения специальной комиссии. Следует понимать, что сейсмическая нагрузка – это нагрузка, в которой строгое соблюдение каждого элемента здания первой группы предельных состояний не требуется.

Для строительства сооружений требуется определить величину расчетной сейсмической нагрузки. Ее общий вид сводится к объединению формул 5.1 и 5.2 [1,3].

$$S_{ij} = K_1 K_2 Q_k A \beta_i K_\psi \eta_{ij},$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий назначение сооружения и его ответственность, принимаемый по таблице 4.2 [1];

K_2 – коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений, принимаемый по таблице 5.2 [1];

Q_k – масса зданий или момент инерции соответствующей массы зданий, отнесенная к точке К;

A – значение ускорения в уровне основания, принимаемое равным 1,0; 2,0; 4,0 м/с² для расчетной сейсмичности 7,8,9 баллов соответственно;

β_i – коэффициент динамичности, соответствующий i -й форме собственных колебаний здания;

K_ψ – коэффициент, зависящий от характеристики здания, принимаемый по таблице 5.3 [1];

η_{ij} – коэффициент, зависящий от формы деформации здания при его собственных колебаниях по i -й форме.

При расчете зданий и сооружений длиной или шириной более 30 м по консольной РДМ помимо сейсмической нагрузки, определяемой по формуле 5.5, необходимо учитывать крутящий момент относительно вертикальной оси здания или сооружения, проходящей через его центр жесткости [1].

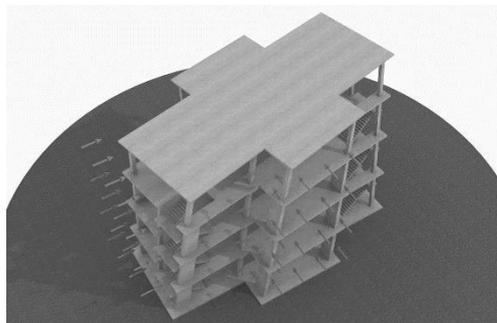


Рис. 1. Действие горизонтальной сейсмической нагрузки и крутящего момента на конструкцию

Немаловажным аспектом расчета большепролетных зданий и сооружений является учет несинхронности движения опорных точек конструкции. В подобных системах расстояние между опорными точками сравнимо с длиной сейсмической волны, что может стать причиной разрушения мостовых конструкций. [4]

Стоит отметить, что учет сейсмического влияния для расчета большепролетных конструкций очень важен. Строительство в сейсмоопасных районах развивается с каждым годом всё больше и больше. Поэтому чрезвычайно важно развивать эту сферу, совершенствовать методы расчета, которые максимально близко прогнозируют влияние землетрясений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бирбраер А.Н.* Расчет конструкций на сейсмостойкость – СПб: Наука. С-Петербург, 1998. – 254 с.
2. *Satanov A.A., Shishova M.A.* Analysis of frequencies and modes of natural vibrations of an earthquake-resistant high-rise building in Vladivostok // «Великие реки' 2020», 2020. – С. 387–391.
3. *Каракозова А.И., Мондрус В.Л.* Анализ нагрузок на высотные башенные сооружения в сейсмоопасных районах // Известия вузов. Строительство. №2. 2021. – С. 112-119.
4. *Гордеев В.Н., Лантух-Лященко А.И., Пашинский В.А., Перельмутер А.В., Пичугин С.Ф.* Под общей ред. Перельмутер А.В. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 482 с.
5. *Mojolic C., Tudor Petrina T.* Conceptual Optimization of Seismic Isolated Long Span Structures // AIP Conference Proceedings 1863, 560037 (2017).

*Студентка 4 курса 1 группы ИПГС Мельникова И.В.,
Студентка 4 курса 1 группы ИПГС Селиверстова М.Е.
Научный руководитель – профессор, д.т.н., профессор В.Л. Мондрус*

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ «СКРУЧЕННОГО» КАРКАСА НЕБОСКРЁБА GENERALI TOWER В МИЛАНЕ

Офисный небоскреб Generali разработан архитектурным бюро Захи Хадид (Zaha Hadid Architects) и расположен в новом районе CityLife, который является проектом муниципальной программы городского развития в г. Милане. [1]

В данный комплекс входят три небоскреба: Allianz Tower (209 м), Generali (170 м) и Libeskind Tower (191,5 м), – каждый из которых был разработан тремя архитекторами.



Рис. 1. Три башни комплекса CityLife



Рис. 2. Небоскреб Generali

Местоположение башни Generali на местности особое – она располагается на пересечении трех главных градостроительных осей Милана.

Проектирование башни велось в период 2009 – 2012 г., а само строительство с 2014 по 2017 г. Общая площадь здания составляет 147 429 м² и представляет собой 44-этажное (170 м) высотное здание.

Главной особенностью здания является её закручивающийся по спирали каркас: каждый этаж поворачивается на несколько градусов вокруг своей центральной оси. Благодаря чему с каждого этажа открывается уникальный вид, а верхние этажи в итоге ориентированы на центр города. Архитектурной задумкой также стал плавный переход вертикали каркаса в горизонтальный подиум со свободной формой и планировкой.

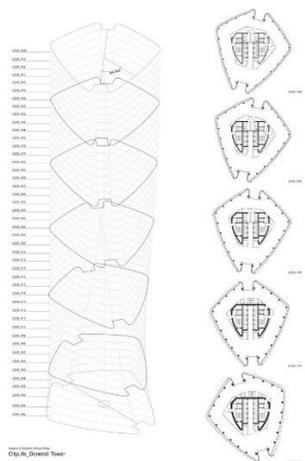


Рис. 3. Схема поворота каждого этажа вокруг своей оси

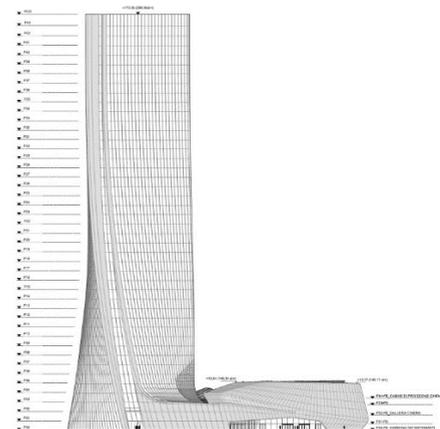


Рис. 4. Фасад башни с подиумом

Центральной осью выступает ядро жесткости здания – лестнично-лифтовой узел, неизменяющий свое положение в пространстве. По периметру же расположены мощные наклонные колонны, которые и создают «скрученный каркас». Также они расширяют площадь внутренних помещений. В своей основе конструктивной системой является каркасно-ствольная. [2]

Для реализации такой сложной задачи применялись современные методы в проектировании: параметрическое моделирование с помощью BIM-технологий. [3]

С их помощью было полностью разработано конструктивное решение башни от задуманной концепции до рабочей документации. Создание параметрической модели помогло оптимизировать конструкцию здания: обеспечить максимально возможное внутренне пространство помещений, найти такую форму и вес ядра каркаса, которые имеют достаточное сопротивление воздействиям сил кручения, аэродинамическим и сейсмическим воздействиям.

Основной материал каркаса – это железобетон. Такой выбор неслучайный: это нелинейный материал, в котором деформации происходят как во время строительства, так и после него; есть возможность спрогнозировать и контролировать поведение материала во времени. [4]

Основанием для здания послужил плитно-свайный фундамент – это плита, высотой 2,5 м, под которой расположены 64 сваи, призванные уменьшить осадку.

Горизонтальная часть здания – подиум, был запроектирован стальным. При возведении конструкции возникали такие трудности, решить которые помогло BIM-моделирование: это сохранение свободной формы, расположение внутренних элементов и функциональное зонирование подиума при условии, что его колонны должны были опираться на сетку опорных элементов парковки, которая расположена под подиумом. Самой трудной являлась работа по ряду структурных соединений – это стыки между различными частями подиума и подземной парковочной зоной, конструкционные стыковые узлы основания башни. Параметрическая модель также позволила связать воедино внешнюю оболочку и внутренний каркас здания: весь остов здания был сгенерирован автоматически с учетом всех существующих ограничений на объекте, и включал в себя длинные пролёты, наклонные колонны и консоли.

Оболочка башни Generali– это сложный двойной фасад, в который встроена система светоотражающих жалюзи и прорезаны отверстия для аэрации, позволяющие минимизировать избыточные инсоляционные нагрузки и обеспечить охлаждение внутренних помещений, а панорамное остекление позволяет обеспечить проникновение достаточного количества солнечного света внутрь. [5]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

7. *Zaha Hadid Architects. Viva! Generale!* // Высотные здания: журнал высотных технологий - 2018. №. 2. С. 34-41.
8. *Козлов М.В., Безбородов Е.Л.* Конструктивные схемы высотных зданий // Вестник МГСУ. 2011. №1-2.
9. Совершенствование конструктивных решений и расчетов // Железобетонные и каменные конструкции : Учебник. – Москва : Издательский Дом "Академия Естествознания", 2016. – С. 16-26.
10. *Трапезникова, А. Г.* Параметрическое моделирование в современном строительстве // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова : Национальная конференция с международным участием, посвященная 300-летию Российской академии наук, Белгород, 18–20 мая 2022 года. Том 5. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 186-189.
11. *Вахрушев К. Г., Никандров Ф. В.* Оболочка башни «Эволюция»: уникальная архитектура и инновационные фасадные решения // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 1. С. 25-35.

НОРМИРОВАНИЕ ГОЛОЛЕДНЫХ НАГРУЗОК

Введение

Нормирование гололедных нагрузок выполняет значимую функцию в проектировании и строительстве зданий и сооружений, инфраструктуры как на территории России, так и за ее пределами [1-7]. Суть всех методик анализа данных нагрузок состоит в том, чтобы предотвратить разрушение конструкции и обеспечить ее безопасную эксплуатацию в холодный период времени, не создавая угрозы для жизни и здоровья людей.

Из-за довольно суровых климатических условий в России уделяется особое внимание гололедным нагрузкам. В зимний период зачастую длительное время держатся низкие температуры и обильно выпадают осадки, что сильно повышает вероятность возникновения гололедных нагрузок на различных строительных конструкциях.

Немалый интерес к анализу и нормированию гололедных нагрузок присутствует и за рубежом, особенно если говорить о странах с холодным климатом. При том, что методики нормирования в разных странах различны, общий итог един – обеспечение безопасности и надежности строительных конструкций.

Нормирование в России

В России гололедная нагрузка рассчитывается в соответствии с СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия".

Для расчета гололедной нагрузки необходимо учитывать толщину намерзшего льда на конструкциях, их площадь и форму. Также учитываются факторы, связанные с климатическими условиями и зависимостью температуры от высоты.

Расчет гололедной нагрузки включает в себя следующие шаги:

1. Определение климатического района, в котором находится конструкция.
2. Определение средней интенсивности образования гололеда.
3. Определение средней толщины гололеда на конструкции в соответствии с таблицами в СП 20.13330.2016.
4. Определение геометрической формы и площади конструкции.

5. Расчет гололедной нагрузки путем умножения толщины гололеда на площадь и коэффициент формы.

6. Приведение полученной гололедной нагрузки к расчетному значению, учитывая факторы безопасности и прочность конструкции.

Полученные значения гололедной нагрузки используются при проектировании и проверке прочности различных конструкций, таких как крыши, опоры ЛЭП и т.д.

Нормирование в США

В США гололедная нагрузка на конструкцию определяется в соответствии с руководством "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures" (ASCE 7), которое содержит стандарты для расчета минимальных проектных нагрузок на здания и другие сооружения.

Расчет включает в себя следующие этапы:

1. Определение климатических параметров для конкретного региона, включая средние значения интенсивности снегопадов и ледяных осадков.

2. Определение коэффициентов формы конструкции.

3. Использование таблиц и графиков из ASCE 7 для определения значений гололедных нагрузок в зависимости от климатических условий и характеристик конструкции.

4. Применение коэффициентов безопасности для учета неопределенностей и обеспечения надежности конструкции.

5. Расчет общей гололедной нагрузки, учитывая все факторы, влияющие на этот процесс.

6. Проверка соответствия нагрузки допустимым значениям для конкретного типа конструкции и региона.

Нормирование в Европе

Расчет гололедной нагрузки по Еврокоду выполняется в соответствии с частью 1-3 "Действие снега" Еврокода EN 1991-1-3. Этапы сбора гололедной нагрузки следующие:

1. Определение зоны, в которой находится конструкция. Еврокод разделяет зоны на различные категории в зависимости от климатических условий.

2. Определение нагрузки снега, с учетом различных факторов, таких как климатические условия, форма и другие параметры.

3. Определение нагрузки льда.

4. Расчет общей гололедной нагрузки путем суммирования нагрузки снега и нагрузки льда.
5. Учет коэффициентов безопасности, предусмотренных Еврокодом для обеспечения надежности конструкции.
6. Проверка соответствия рассчитанной гололедной нагрузки допустимым значениям, установленных в Еврокоде.

Выводы

Все рассмотренные нормы, принятые в различных странах, в той или иной степени учитывают гололедную нагрузку и рассматривают ее как потенциально опасный фактор воздействия на конструкцию.

Значение гололедной нагрузки, вне зависимости от нормирующего документа, напрямую коррелирует с климатическим районом строительства. Также прослеживается логичная зависимость нагрузки от формы, типа конструкции и высоты ее расположения.

Коэффициенты надежности или «важности» (в конкретных нормативах встречаются различные названия) разнятся не только по значениям, но и по ситуациям, в которых они применяются.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»
2. EN 1991-1-3 (2003) (English): Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-3: General actions - Snow loads
3. ASCE 7: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures
4. *Метельский В.А.* "Гололедные нагрузки на сооружения". Москва: Стройиздат, 1982г.
5. *Павлов В.С.* "Гололедные нагрузки на конструкции зданий и сооружений". Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2005г.
6. *Манацков Б.М.* "Нормативы гололедно-ветровых нагрузок, принятые в России и других странах". Москва, 2002г.
7. *Федоров, В. В.* "Гололедные нагрузки на конструкции: учебное пособие. " - Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008г.
8. *Сазыкин В.Г.* "Влияние гололедно-ветровых нагрузок на надежность линий электропередачи Кубани". Москва, 2016г.

ОСНОВЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Современная архитектура, чтобы достичь большей эстетичности, обращается к нелинейным формам. Нелинейная архитектура основывается на геометрическом образе кривой на плоскости или гиперповерхности в пространстве.

При создании и анализе нелинейного формообразования особенно выделяют параметрический метод [1].

Основной идеей параметрического подхода является выделение переменных и параметров, которые определяют особенности и поведение системы. Эти параметры могут быть связаны с физическими характеристиками, условиями окружающей среды или другими важными факторами, которые влияют на систему и ее поведение [1].

Параметрический метод – это компьютерное моделирование архитектурной формы, состоящей из совокупностей точек с параметрами её трансформации. Как правило, параметрическое моделирование реализуется с помощью метода визуального программирования [2].

Визуальное программирование представляет собой метод программирования, в котором задачи и алгоритмы представлены графически с помощью блоков и соединений между ними, которые представляют операции, функции, значения и переменные.

Современные методы проектирования включают параметрическое моделирование и связанное с ним визуальное программирование. К основным инструментам современного проектирования относятся:

- **Dynamo** – это дополнение к Autodesk Revit, которое позволяет в рамках визуального программирования параметризовать информационные модели, созданные в среде проектирования Revit [3].
- **Sapfir** – гибкий инструмент, который позволяет выполнять параметрическое моделирование зданий и сооружений произвольной формы с последующей их передачей в расчетный комплекс LIRA SAPR.
- **Grasshopper** – это визуальный язык программирования, который работает в приложении Rhinoceros 3D. Позволяет создавать модели конструкций и управлять их параметрами.
- **GrasshopperScad** – плагин для Grasshopper и SCAD++ позволяющие передавать модель из Grasshopper в SCAD.
- **Coyote** – плагин, позволяющий передавать параметрическую модель, созданную в Rhino в программный комплекс Ansys.

В современных условиях возможна и связка упомянутых ранее программ через специальные плагины и дополнения.

Ниже приведены реальные примеры использования упомянутых средств параметрического моделирования [4]:

1. Концертный зал «Зарядье» в Москве был смоделирован при помощи Grasshopper (рис. 1) с последующей передачей в ArchiCAD через дополнение grasshopper-archicad live connection [5].

2. Пример здания, расчетная модель которого была параметрически сформирована в Sapfir и рассчитана в Ansys (рис. 2) на действие ветровой нагрузки в различных постановках. Менялся параметр угла закручивания. Оптимальной оказалась форма модели с углом поворота 225° [4].



Рис. 1. Параметрическое моделирование зала «Зарядье» в Grasshopper

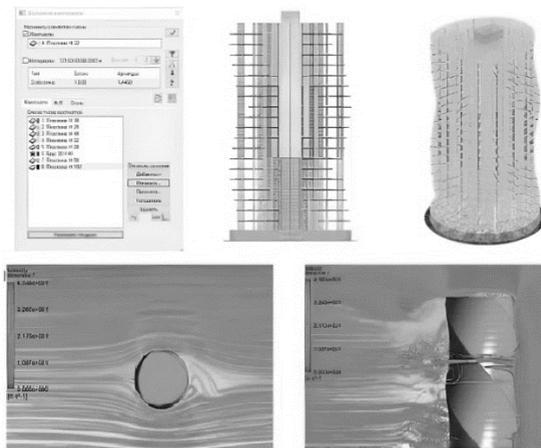


Рис. 2. Пример здания, построенного в Sapfir с расчетом в Ansys

Параметризация информационной модели здания решает вопрос проектирования нелинейных архитектурных форм; позволяет проанализировать различную геометрию конструкций и рассчитать её в различных постановах; увязывает существующие средства архитектурного проектирования, компьютерного моделирования и расчета конструкций [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Братошевская В.В., Ткач Е.Э.* Методы формообразования параметрического моделирования при создании объекта нелинейной архитектуры.
2. *Николенко Н.С., Хоренков С.В., Петров К.С., Сокур В.Я., Жириков О.И.* Современные принципы параметризма в архитектуре // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2018. №2.
3. *Валенсия, Э.* Расширение моделирования в программе REVIT с помощью dupato / Э. Валенсия, М. И. Рынковская // Научному прогрессу - творчество молодых : материалы X международной молодежной научной конференции по естественнонаучным и техническим дисциплинам, Йошкар-Ола, 17–18 апреля 2015 года / Поволжский государственный технологический университет. Том Часть 2. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – С. 95-97. – EDN VAITOR.
4. *Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Полетаев М.В.* Уточнение методики определения ветровой нагрузки для объектов параметрической архитектуры // ИВД. 2019. №3 (54).
5. *Шумилов, К. А.* Использование визуального программирования в графических пакетах (Grasshopper - Rhino - Archicad - Revit) при проектировании различных архитектурных форм / К. А. Шумилов, Ю. А. Гурьева // Перспективы развития строительного комплекса: Материалы XVI Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов, Астрахань, 27–28 октября 2022 года / Под общей редакцией Т.В. Золиной. – Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. – С. 592-596.

К РАСЧЕТУ ПЛАСТИН С УЧЕТОМ ДЕФОРМАЦИЙ ПОПЕРЕЧНОГО СДВИГА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD

В настоящее время пластины являются расчетной схемой множества элементов строительных конструкций. Для расчета каждого из этих элементов необходимо учитывать толщину рассматриваемой пластины и зависящие от нее факторы для получения более точного результата. В данной работе будет представлен сравнительный анализ расчета пластин различных типов аналитическим методом и численным в программном комплексе SCAD.

Пластины классифицируют по толщине на тонкие пластины, пластины средней толщины и толстые плиты. При выполнении расчетов пластин средней толщины и толстых плит особое внимание уделяют поперечным сдвигам [1], которые не учитываются в теории тонких пластин. Для достижения более достоверных результатов при учете вышеперечисленных факторов применяется теория пластин Э. Рейсснера [2].

Расмотрим решение для пластины Рейсснера в одинарных рядах со следующими граничными условиями - жесткое закрепление по двум противоположным сторонам с шарнирным опиранием по двум другим:

На гранях $x=0$, $x=a$: $W=0$, $M_x=0$, $\vartheta_y=0$, на гранях $y = \pm b$: $M_y = M_{xy} = Q_y = 0$

Общее решение задачи дают ряды [3]:

$$W(x, y) = \frac{2}{a} \sum_{n=1}^{\infty} W^n \operatorname{sink}x; M_x(x, y) = \frac{2}{a} \sum_{n=1}^{\infty} M_x^n \operatorname{sink}x;$$
$$M_y(x, y) = \frac{2}{a} \sum_{n=1}^{\infty} M_y^n \operatorname{sink}x; Q_y(x, y) = \frac{2}{a} \sum_{n=1}^{\infty} Q_y^n \operatorname{sink}x$$

Для сравнения результатов расчета пластин рассмотрим частный случай в виде квадратной пластины со стороной $a = 4$ м, равномерно распределенной нагрузкой $P=4000$ кПа и переменной толщины h для разных типов пластин [4].

Расчет в программном комплексе SCAD был осуществлен для двух пластин, одна из которых состояла из КЭ 11 типа, не учитывающего сдвиговые деформации, а другая – из КЭ 111 типа, которые учитывают сдвиг при вычислении [5]. Отношения, полученные в результате аналитического и численного расчетов приведены в таблицах 1,2.

Таблица 1

Результаты аналитического и численного расчетов пластин по прогибам W и изгибающим моментам M_x, M_y

h/a	WEh^3/ra^4 в центре			M_x/ra^2 в центре			M_y/ra^2 в центре		
	Ряды	КЭ11	КЭ111	Ряды	КЭ11	КЭ111	Ряды	КЭ11	КЭ111
0,01	0,021	0,0211	0,0207	0,0244	0,0241	0,0237	0,0332	0,0328	0,0325
0,05	0,0217	0,0211	0,022	0,0249	0,0242	0,0245	0,0333	0,0328	0,0332
0,1	0,024	0,0211	0,0247	0,0262	0,0242	0,0257	0,0336	0,0329	0,0336
0,2	0,0326	0,0212	0,0342	0,0307	0,0242	0,0296	0,0343	0,0329	0,0338
0,4	0,0622	0,0216	0,0672	0,0417	0,0244	0,0392	0,037	0,0331	0,0325

Таблица 2

Результаты аналитического и численного расчетов пластин по сдвиговым деформациям Q_y

h/a	Q_y/ra в центре грани $y=b$		
	Ряды	КЭ11	КЭ111
0,01	-0,515	-0,472	-0,863
0,05	-0,509	-0,472	-0,421
0,1	-0,499	-0,473	-0,455
0,2	-0,47	-0,474	-0,447
0,4	-0,41	-0,476	-0,401

Сравнение результатов двух методов представлены на графиках (рис. 1, а,б,в,г) и в таблице 3.

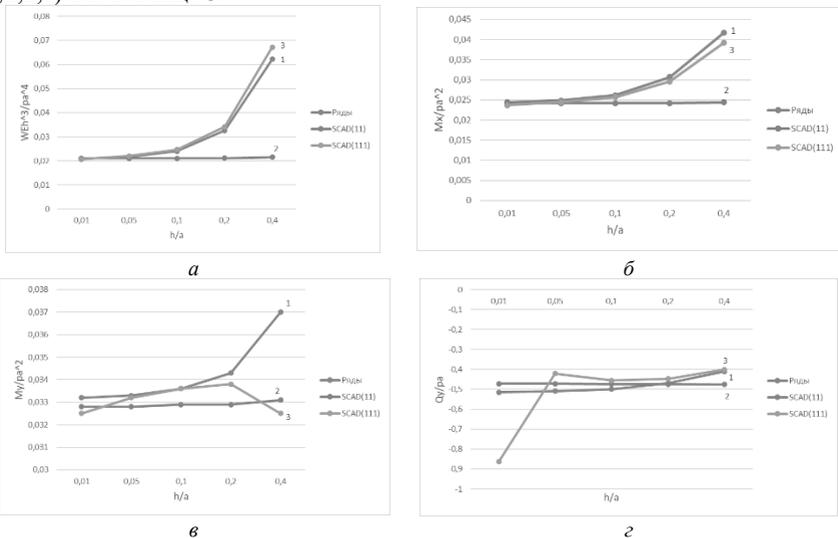


Рис. 1, а,б,в,г. Графики сравнения результатов аналитического и численного методов для квадратной пластины переменной толщины по прогибам и внутренним усилиям

Отклонения результатов численного метода от аналитического по прогибам и внутренним усилиям

h/a	Отклонение по W, %		Отклонение по Mx, %		Отклонение по My, %		Отклонение по Qy, %	
	КЭ11	КЭ111	КЭ11	КЭ111	КЭ11	КЭ111	КЭ11	КЭ111
0,01	0,48	1,45	1,24	2,95	1,22	2,15	9,11	67,57
0,05	2,84	1,38	2,89	1,63	1,52	0,30	7,84	20,90
0,1	13,74	2,92	8,26	1,95	2,13	0,00	5,50	9,67
0,2	53,77	4,91	26,86	3,72	4,26	1,48	0,85	5,15
0,4	187,96	8,04	70,90	6,38	11,78	13,85	16,10	2,24

На основе полученных значений, можно сделать следующие выводы:

1. при соотношении $h/a < 1/10$ рекомендуется использовать КЭ типа 11, не учитывающий сдвиговых деформаций в пластине, т.к. отклонения по прогибам и внутренним усилиям являются минимальными;

2. при соотношении $h/a \geq 1/10$ следует использовать КЭ типа 111, которые учитывают сдвиговые деформации пластины, однако диапазон применения данного КЭ ограничивается в пределах $1/10 \leq h/a \leq 1/5$, поскольку далее наблюдается значительное отклонение результатов численного расчета от аналитического по прогибам W (8,04%) и изгибающим моментам My (13,85%).

Следовательно, данные выводы подтверждают достаточную точность расчета пластин с учетом поперечного сдвига в ПК SCAD для рассматриваемых граничных условий, что определенно является оптимизацией процесса расчета большого числа строительных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки//Изд. «Наука», 1966. С. 190-198.
2. Александров А.Я., Биргер И.А. Прочность, устойчивость, колебания// Справочник в трех томах. Том 2, 1968. С. 149-151.
3. Гордон Л.А., Скоморовский Я.Г. Расчет и экспериментальные исследования пластин средней толщины// Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, том 95, 1971. С. 153-160.
4. Саакян С.М. Изгиб прямоугольной толстой плиты с заделанными краями // Докл. АН Арм. ССР. 1965. Вып. 40. № 3. С. 137—143.
5. Доннел Л.Г. Балки, пластины и оболочки// Изд. «Наука», 1982. С. 304-308.

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ НА ДЕЙСТВИЕ ВОЗДУШНОЙ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

Расчеты несущих конструкций на действие взрывных волн актуальны для убежищ гражданской обороны, взрывоопасных промышленных предприятий и гражданских зданий при расчете на особые воздействия, к которым относятся террористические акты или аварии с участием автомобильного или иных видов транспорта.

Во многих случаях указанные выше нагрузки могут значительно превышать эксплуатационные статические нагрузки. В связи с этим, к сооружениям могут быть предъявлены требования восприятия динамической нагрузки без обрушения или устойчивости к прогрессирующему разрушению. В таких случаях можно допустить развитие пластических деформаций, учесть повышение прочностных характеристик материалов при высоких скоростях нагружения.

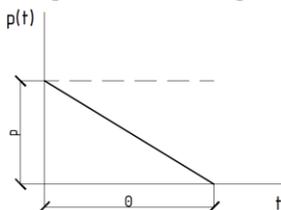


Рис. 1. Расчетная ударная нагрузка

При динамическом расчете сооружения действительные законы изменения нагрузок во времени заменяют упрощенными, расчетными. Упрощенный закон изменения нагрузки во времени, принятый для расчетных исследований представлен на рис. 1, где $p(t)$ – погонная интенсивность нагрузки на конструкцию, равная произведению избыточного давления $\Delta p(t)$ на ширину участка, с которого собирается нагрузка на данную конструкцию, θ – эффективное время действия нагрузки [1].

Для достаточно простых расчетных схем типа (балка, плита), допускается выполнять расчет в квазистатической постановке.

Этот метод основан на приведении конструкции к системе с одной степенью свободы путем задания формы колебаний, совпадающей со статической формой перемещения конструкции под действием рассматриваемой нагрузки [2,3, 5-7].

Собственные частоты колебаний шарнирноопёртой балки с распределенной массой определяется по формуле [2]:

$$\omega_n = \frac{n^2 \pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}, \quad (1)$$

где n – форма колебаний; l – длина (пролет) балки; EI – жесткость балки на изгиб; m – погонная масса конструкции.

Ударная нагрузка (рис.1) принимается в виде:

$$p(t) = \begin{cases} p \left(1 - \frac{t}{\theta}\right) & \text{при } 0 \leq t \leq \theta \\ 0 & \text{при } t > \theta; \end{cases} \quad (2)$$

Коэффициент динамичности для нагрузки вида (2), можно определить по справочной литературе [1,3]:

При произвольном воздействии, коэффициент динамичности можно определить непосредственно из расчета системы с одной степенью свободы, интегрируя уравнения движения численно, пользуясь методами прямого интегрирования или записав интеграл Дюамеля [4]. В таком случае исходными данными для расчета является зависимость нагрузки от времени или в случае сейсмического воздействия - акселерограмма и частота собственных колебаний рассматриваемой конструкции.

В таком случае коэффициент динамичности определяется по формуле:

$$K_d = \frac{y_{\max}}{y_{\text{дин}}^{\text{амп}}}, \quad y_{\text{дин}}^{\text{амп}} = \frac{p}{m\omega^2}, \quad (3, 4)$$

где p – амплитудное значение динамической нагрузки.

Отметим, что все расчеты проводятся без учета затухания, хотя в случае численного расчета учет диссипативных сил не составляет большой трудности. Пластические деформации в конструкциях не учитываются.

Рассмотрим пример расчета железобетонной шарнирно-опертой балки, сечением 200x300(h) мм, пролетом 6 м, изготовленной из бетона класса В25, загруженной распределенной постоянной нагрузкой $q = 2 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$ и ударной нагрузкой вида (2) (см. рис. 1), с параметрами $p = 20 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$ и $\theta = 0,05$ сек. Характеристики балки: $E = 30 \cdot 10^3$ МПа, $I = 4,5 \cdot 10^{-4}$ м⁴. Суммарная погонная масса m балки равна сумме постоянной нагрузки q и собственного веса и составляет $350 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$. Вычислим частоту собственных колебаний балки по формуле (1) $\omega = 53,84 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, далее, по формулам из [1, 3], при $\omega\theta > 2,33$, получим $K_d = 1,097$. Максимальный изгибающий момент в пролете балки определяется по известной формуле $M = \frac{q \cdot l^2}{8}$. От

собственного веса и постоянной нагрузки $q - M_q = 15,45 \text{ кН} \cdot \text{м}$; от амплитудного значения динамической нагрузки – $M_p = 88,26 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

Суммарный момент от динамической и статической нагрузки:

$$M_{\text{макс}} = M_p \cdot K_d + M_q = 112,3 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Максимальный прогиб в центре пролета балки:

$$y_{\text{макс}} = y_p \cdot K_d + y_q = 31,2 \text{ мм}.$$

Коэффициент динамичности, для представленного примера, также определялся из расчета системы с одной степенью свободы в программном комплексе “Mathcad”. Для интегрирования уравнения движения использовался метод центральных разностей [4]. В результате получено максимальное (по модулю) динамическое перемещение $y_{\text{макс}} = 21,2 \text{ мм}$. Далее по формуле (4) вычислен прогиб от амплитудного значения динамической нагрузки $y_{\text{дин}}^{\text{амп}} = 19,32 \text{ мм}$.

Коэффициент динамичности в результате численного расчета, посчитанный по формуле (3) равен 1,096.

Отличие рассчитанных двумя способами коэффициентов динамичности составляет менее 1 %. Представленный алгоритм расчета коэффициентов динамичности может быть использован при расчетах конструктивных элементов при действии нагрузки общего вида, что определенно представляет практический интерес.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Корнев Б.Г., Рабинович И.М.* Справочник проектировщика. Динамический расчет сооружений на специальные воздействия// Изд. «Москва Стройиздат», 1981. С. 5-17.
2. *Корчагин В.А., Мисаилов В.Ф., Ульянов В.Д. Якимов С.К.* Основы динамики сооружений// Изд. «Ленинград», 1974. С. 58-63
3. *Попов Н.Н., Расторгуев Б.С., Забегаев А.В.* Расчет конструкций на динамические и специальные воздействия// Изд. «Москва «Высшая школа». 1992.
4. *Klaus-Jurgen Bathe, Edward L. Wilson* Численные методы анализа и метод конечных элементов// Изд. «Москва Стройиздат», 1982. С. 259-265.
5. *Чернуха Н.А.* Особенности расчета сооружений на взрывные воздействия в среде SCAD // Инженерно-строительный журнал, 2014. №1. с. 12-22. DOI: 10.5862/МСЕ.45.3
6. *Невская Е.Е.* Основные методы оценки параметров взрывных волн при аварийных взрывах. Принципы проектирования взрывостойких зданий и сооружений // Инженерное дело, 2017. doi: 10.2400/0409-2961-2017-9-20-29
7. *Павлов А.С.* Численное моделирование взрывных воздействий на здания и сооружения произвольной формы // Строительные науки, 2017. №3. С. 108-112.

МЕТОД ИЗБЕЖАНИЯ РЕЗОНАНСНО-ВИХРЕВОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЕМ АКТИВНОЙ АЭРОДИНАМИКИ

При совпадении частот собственных колебаний конструкции и частоты срыва вихрей возникает явление резонансного вихревого возбуждения, нагрузки от которого, как показывает практика, слишком малоизучены [1].

Самым эффективным методом гашения колебания является использование демпфера, рассматриваемого и рекомендуемого к применению в статьях [Ошибка! Источник ссылки не найден., 2, 4, 5]. Также применяют и интерцепторы, представляющие собой лопасти. Такая конструкция позволяет ветру срываться не периодически, а значит возникновения вихревого резонанса происходить не будет.

Целью исследования авторов стала постановка вопроса возможности применения подвижных частей конструкции, изменяющих их аэродинамические характеристики, с одной стороны – избегая явления ветрового резонанса; с другой – не увеличивая аэродинамическое сопротивление конструкции.

Расчет на резонанс по СП 20.13330.2016 производится в зависимости от критической скорости ветра, т.е. определяется, может ли частота срыва вихрей со здания на определенной его высоте совпасть с частотой его собственных колебаний (используют интервал $\pm 10\%$ от частоты собственных колебаний). Связующим между частотой срыва вихрей и скоростью воздушного потока принято считать число Струхала. Для цилиндра число Струхала 0,2.

Рассматриваемый в рамках статьи вариант применения активной аэродинамики представляет собой включение в тело трубы стоек, сечение которых схоже с полукругом и имеет две характерные поверхности: 5 – с радиусом кривизны, близким к радиусу кривизны трубы, и 4 – с радиусом кривизны, сильно меньшим радиуса кривизны трубы (см. рисунок 1). Стойки ставятся по периметру трубы с заданным шагом. «Активная» функция предлагаемого интерцептора заключается в том, что он может вращаться вокруг вертикальной оси, тем самым занимая “открытое” и “закрытое” положения, продемонстрированные на рисунках 1а и 1б соответственно.



Рис. 1. Устройство интерцептора, а – “открытого”, б – “закрытого”: 1 – интерцептор; 2 – ось вращения; 3 – тело трубы; 4 – поверхность “открытого” интерцептора; 5 – поверхность “закрытого” интерцептора

Для изучения изменения схода вихрей в зависимости от количества и размера интерцепторов построена модель в программном комплексе ANSYS, пакете Fluent в нестационарном потоке с вязкостью воздуха $1,78 \cdot 10^{-5}$ кг/(м·с). Задача выполнена в плоской постановке.

Количество интерцепторов принималось от 6 до 18 с изменением ориентации трубы (направления ветра). Диаметр интерцепторов варьировался от 1/40 до 1/10 от диаметра трубы.

Сходимость задачи с реальными испытаниями достигалась путем варьирования конечно-элементной сетки и шагом итераций. При заданных параметрах опытное число Струхалия цилиндра оказалось равным 0,183. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1
Зависимость числа Струхалия от количества и диаметра интерцепторов в долях от диаметра трубы и от направления ветра

Относительный диаметр интерцептора в	Число Струхалия при количестве интерцепторов и направлении ветра в градусах									
	6			8		12		18		
	0	15	30	0	22,5	0	15	0	10	
d=1/10	0,167	0,149	0,123	0,128	0,132	0,132	0,114	0,135	0,135	
d=1/20	0,172	0,153	0,123	0,132	0,147	0,135	0,114	0,128	0,134	
d=1/40	-	-	-	0,132	0,139	0,143	-	-	0,143	

В зависимости от скорости ветра на определенной высоте трубы при закрытии и открытии интерцепторов, возможно мгновенно и существенно изменять частоту схода вихрей, в нужный момент избегая явление резонанса.

На рисунке 2 показаны две прямые – при “закрытом” и “открытом” положениях интерцепторов, и область резонанса.

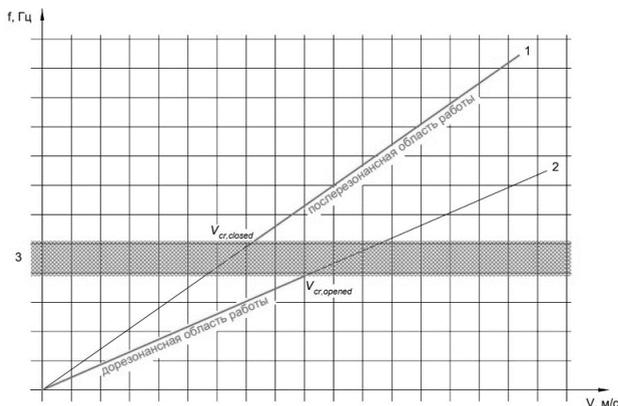


Рис. 2. Графики частоты срыва вихрей от скорости ветра при положении интерцепторов:
1 – закрытом; 2 – открытом; 3 – область резонанса конструкции

Применение интерцепторов рассматриваемой в статье конструкции не увеличивает аэродинамическое сопротивление конструкции при максимальной скорости ветра, но позволяет избежать явления резонансно-вихревого возбуждения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Lei Wang, Zheng Wang, Nan Huang, Xing-Yan Fan, Zhen-hua Zhang*, Comparative analysis of cross-wind load code for high structures with circular sections, Structures, Volume 43, 2022, Pages 1177-1186, ISSN 2352-0124, <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.07.008>.
2. *Flaga A.* Wind tunnel model tests of wind action on the chimney with grid-type curtain structure / A. Flaga, R. Kłaput, Ł. Flaga, P. Krajewski // Archives of civil engineering. – 2021. – Vol. LXVII – Issue 3. – P. 177-196.
3. *Никитин П.Н., Оносов Г.В.* Опыт проектирования дымовых труб // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – №5. – С. 24–27.
4. *Остроумов Б.В.* Воплощение идей Б. Г. Коренева в области оснащения высотных сооружений динамическими гасителями колебаний/ Б.В. Остроумов, А.И. Каракозова, В.И. Каракозова // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – №11. – С. 43–45.
5. *Tamura Y.* Application of damping devices to suppress wind-induced responses of buildings // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 1998. – Volumes 74-76. – P. 49-72.

Студент магистратуры 2 года обучения 3 группы ИПГС Сапаралиев Е.

Научный руководитель - проф., д-р техн. наук, доц. Филатов В.В.

РАСЧЕТ БАЛКИ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ МАССОЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

В современной инженерной практике динамические воздействия являются существенной частью анализа и проектирования различных конструкций. Появляется необходимость грамотного расчета динамических характеристик на этапе проектирования.

В связи с развитием ЭВМ в практике инженерных расчетов широко применяются численные методы. К ним относятся метод последовательных аппроксимаций (МПА) и обобщенные уравнения метода конечных разностей, разработанные на кафедре строительной и теоретической механики МГСУ Габбасовым Р.Ф. Габбасовым Р.Ф. было установлено, что наиболее рациональная форма МПА – разностная. С помощью разностных уравнений МПА можно решать задачи, сводящиеся к системе дифференциальных уравнений второго порядка: обыкновенных или в частных производных. Разностные уравнения МПА учитывают возможные конечные разрывы искомой функции, ее первых двух производных, а также разрывы правых частей исходных дифференциальных уравнений и их первых производных [1].

Предлагаем рассмотреть применение данного метода к расчету балки с распределенной массой на вибрационную нагрузку. Дифференциальное уравнение для балок постоянной жесткости при поперечных вынужденных колебаниях [1]:

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^2} + m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = p(x, t), \quad (1)$$

где m – масса единицы длины, I – момент инерции поперечного сечения, y – перемещение точки оси стержня, являющейся функцией координаты и времени, t – время, $p(x, t)$ – меняющаяся во времени и по длине стержня нагрузка.

Представим дифференциальное уравнение поперечных колебаний балки без учета диссипации энергии (1) в виде двух дифференциальных уравнений второго порядка.

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = -\frac{M}{EI}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} - m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -p(x, t), \quad (3)$$

Записанные дифференциальные уравнения (2) и (3) приводим к безразмерному [2]:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2} = -m, \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 m}{\partial \xi^2} - \bar{\mu} \frac{\partial^2 w}{\partial \bar{t}^2} = -p, \quad (5)$$

где $\xi = \frac{x}{l}$; $m = \frac{M}{q_0 l^2}$; $w = \frac{yEI}{q_0 l^4}$; $p = \frac{q(x,t)}{q_0}$; $\bar{\mu} = \frac{ml^4}{EIT^2}$;

$$\bar{t} = \frac{t}{T}, \quad (6)$$

\bar{t} – безразмерная координата вдоль временной оси, T – фиксированный временной интервал

Для аппроксимации (4), (5) воспользуемся разностными уравнениями МПА [3]:

$$w^{tt} = \frac{\partial^2 w}{\partial \bar{t}^2}, \quad (7)$$

$$\begin{aligned} -2w_i + w_{i+1} &= -\frac{h^2}{12} [m_{i-1} + 10m_i + m_{i+1}] + \frac{h^3}{12} \Delta m_i^I, w_{i-1} - 2w_i + w_{i+1} \\ &= \\ &= -\frac{h^2}{12} [m_{i-1} + 10m_i + m_{i+1}] + \frac{h^3}{12} \Delta m_i^I, \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} m_{i-1} - 2m_i + m_{i+1} + h\Delta m_i^I &= -\frac{h^2}{12} [p_{i-1}^{\text{II}} + p_i^{\text{I}} + p_{i+1}^{\text{I}} - \\ &- \bar{\mu}(w_{i-1}^{tt} + 10w_i^{tt} + w_{i+1}^{tt})] + \frac{5}{12} h^2 \Delta p_i, \end{aligned} \quad (9)$$

где $m^I = \frac{\partial m}{\partial \xi}$;

Ускорения и скорости точек, выраженные по квадратной параболе вдоль временной оси:

$$-\frac{2}{\tau^2} (w_i^{(k-1)} - w_i^{(k)}), {}^{(k)}w_i^{II} = -\frac{2}{\tau} {}^{(k-1)}w_i^I - \frac{2}{\tau^2} (w_i^{(k-1)} - w_i^{(k)}), \quad (10)$$

$${}^{(k)}w_i^I = {}^{(k-1)}w_i^I - \frac{2}{\tau} (w_i^{(k-1)} - w_i^{(k)}), \quad (11)$$

где индексы « k » и « $k-1$ » означают принадлежность величины к текущему и предыдущему временным слоям:

Пример:

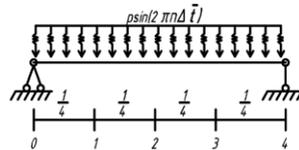
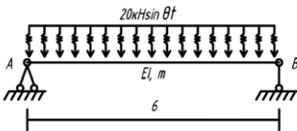


Рис.1. Размерная схема балки

Рис.2. Безразмерная схема балки

Исходные данные: Сечение балки двутавр по ГОСТ 8239-89 №30, $m = 36,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$, $I_y = 7080 \text{ см}^4$, $E = 208 \cdot 10^3 \frac{\text{МН}}{\text{м}^2} = 2,08 \cdot 10^{11} \text{ Па}$,

Вычислим частоту основного тона (собственные колебания) по формуле [4]:

$$w_k = \left(\frac{k\pi}{l} \right)^2 \sqrt{\frac{EI}{\mu}} = 174,14 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Примем к расчету частоту возбуждающих колебаний $\theta = 140$

Шаг интегрирования вдоль временной оси примем $\Delta t = \frac{T}{12} = \frac{\pi}{6\theta}$, $\Delta \bar{t} = \frac{1}{12}$ – в безразмерном виде [5].

Разностные уравнения (7)-(10) для расчетных точек 1-3 записываются с учетом краевых условий: $m(0) = w(0) = m(4) = w(4) = 0$. На первом шаге интегрирования по времени учитываются начальные условия [6]. Нами был рассмотрел интервал равный $240\pi\Delta\bar{t}$.

При $h = \frac{1}{4}$ и $\Delta\bar{t} = \frac{1}{32}$ получены следующие результаты: $M = 255 \text{ к} \cdot \text{Нм}$, $y = 64 \text{ мм}$. Они отличаются от значений, полученных методом начальных параметров на 1,81%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Габбасов Р.Ф.*, Расчет стержней и стержневых систем методом последовательных аппроксимаций. – Строительная механика и расчет сооружений, 1980, №3.
2. *Габбасов Р.Ф., Габбасов А.Р., Филатов В.В.*, Численное построение разрывных решений задач строительной механики. Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 280 с.
3. *Габбасов Р.Ф., Хоанг Т.А., Шикунов М.А.*, Обобщенные уравнения метода конечных разностей в задачах расчета тонких изгибаемых плит на динамические нагрузки // Вестник МГСУ. 2014. № 9.
4. *Габбасов Р.Ф., Сали М., Филатов В.В., Наумов В.С.*, К расчету балок переменной жесткости на вынужденные колебания, - Естественные и технические науки, № 11, 2015.
5. *Габбасов Р.Ф., Низомов Д.Н.* Численное решение некоторых динамических задач строительной механики. – Строительная механика и расчет сооружений, 1985, №6, с. 51-54.
6. *Габбасов Р.Ф., Хоанг Т.А.*, Расчет изгибаемых пластин средней толщины на динамические нагрузки с использованием обобщенных уравнений метода конечных разностей // Вестник МГСУ. 2014. № 10. с. 16-23.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ЗДАНИЕ ПОВЫШЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Расчет выполнен в программном комплексе Lira Soft 10.12. Комплекс реализует конечно-элементное моделирование расчетных схем для расчета на статические и динамические воздействия, проверку устойчивости, выбор наиболее неблагоприятных сочетаний усилий, подбор арматуры в железобетонных элементах.

Несущие элементы здания – монолитные железобетонные, представлены столбчатыми фундаментами, колоннами, диафрагмами жесткости, балками и плитами перекрытий, и лестнично-лифтовыми узлами.

Строение грунтового основания непосредственно под подошвой фундамента представлено гравийным грунтом, супесями гравелистыми и пылеватыми и суглинками гравелистыми.

Согласно [1], [2] и оценке сейсмичности площадки размещения, величина PGA для МРЗ равна 0,367 g, на уровне ПЗ – 0,15 g. Аналогичные величины в терминах макросейсмической интенсивности составляют 8,7 и 7,8 баллов по шкале MSK64 соответственно.

Расчетная схема, созданная при руководстве с [3], [4], [5], [6] выполнена конечными элементами оболочечного типа и стержневыми элементами. Общий вид схемы представлен на рисунке 1.

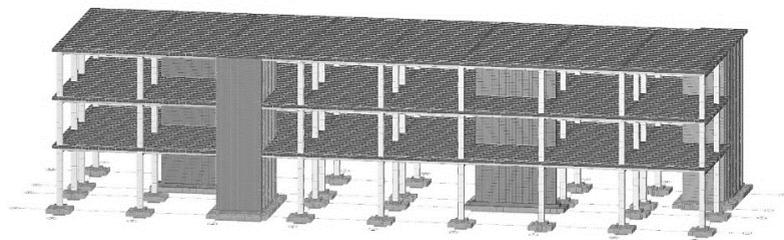


Рис. 1 – Общий вид схемы

Постоянные нагрузки представлены собственным весом конструкций здания, который рассчитывается программно, в зависимости от заданных материалов

Средняя температура зимних месяцев около плюс 5 °С. Осадков в зимний сезон выпадает менее 5 % годовой суммы. Снеговой покров не образуется.

Ветровая нагрузка рассчитана в программе-сателлите SCAD Office ВеСТ версия 21.1.9.9 в соответствии с СП 20.13330.2016.

Нормативное значение ветрового давления: 1,397 кПа (143 кг/м²). Тип местности (по ветровой нагрузке): А.

Составляющие сейсмической нагрузки определены программно при следующих исходных данных: расчет по НП-031-01, сейсмичность (ПЗ) – 7,8 баллов;

Согласно полученным результатам расчета, минимальная необходимая площадь арматуры в стержневых элементах – 2749мм² в балках перекрытия, при заданных 4Ø32мм=3217мм²

В пластинчатых элементах – до 7385 мм² в локальных местах примыкания перекрытий к диафрагмам жесткости, что удовлетворяет заданному армированию 6Ø40мм=7540мм² на данных участках.

После оценки результатов расчетов с использованием [5] можно сделать вывод, что данное здание проходит проверку устойчивости и прочности при сейсмическом воздействии высокой интенсивности.

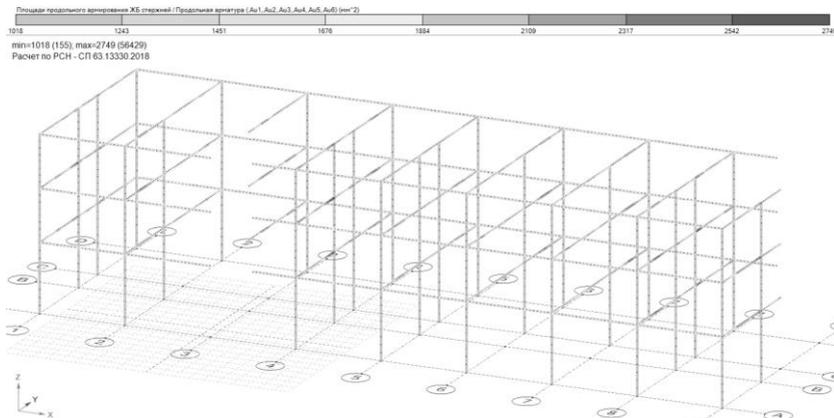


Рис. 2 – Результаты подбора арматуры в стержневых элементах

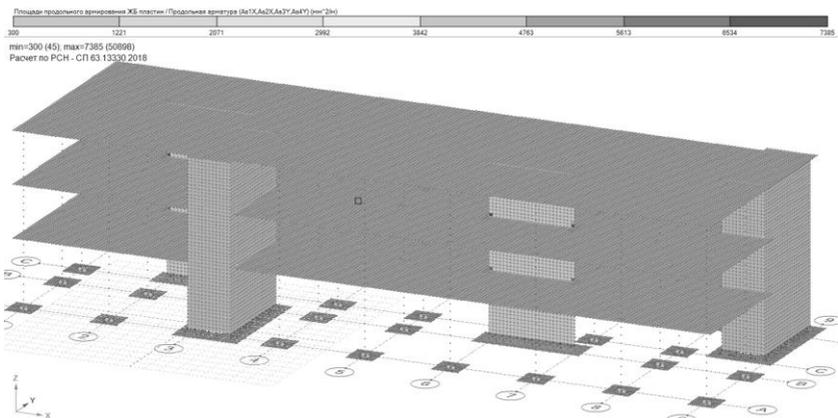


Рис. 3. – Результаты подбора арматуры в пластинчатых элементах

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Абакаров А.Д., Зайнулабидова Х.Р.* Разработка региональной модели сейсмического воздействия // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. — 2001. — №5. — С. 10–12.
2. *Белаш Т.А.* Особенности строительства и эксплуатации сейсмостойких зданий // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2008. №4.
3. *Дурнев Р.А., Кочетов О.С., Поляков И.А.* Новые конструкции сейсмостойких зданий и сооружений // Технологии гражданской безопасности. 2014. №4 (42).
4. *Кузьмин Д.Н.* Фундаменты в условиях сейсмических и динамических воздействий // Вестник науки. 2023. №10 (67).
5. *Аксёнов Н.Б., Аушев М.В.* Исследование влияния соотношения жесткостей конструктивной системы на динамические параметры многоэтажного здания в зависимости от сейсмичности площадки // ИВД. 2017. №4 (47).
6. *Зайнулабидова Х.Р.* Исследование влияния жесткости этажей на сейсмическую реакцию и надежность // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН – 2019. С. 83-88.

ВИБРАЦИОННАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ

В данной статье будут рассмотрены рекомендации по объемно-планировочным решениям и особенности армирования в сейсмических районах.

Сейсмическая (вибрационная) защита зданий: обеспечение безопасности в условиях землетрясений

Сейсмическая защита зданий — это важный аспект проектирования и строительства, особенно в регионах, подверженных землетрясениям. Землетрясения могут привести к разрушениям зданий и угрозе жизни людей, поэтому использование специальных методов и технологий для сейсмической защиты становится необходимостью.

Конструктивные методы защиты. Методы, применяемые при проектировании сейсмобезопасных зданий и сооружений [1,11]

Методы территориальной защиты. Методы основаны на устройстве разного рода барьеров с усилением или заменой грунтовых массивов в зависимости от конструктивных особенностей (вертикальные и горизонтальные барьеры) подробно разобрано [2,11];

При проектировании строительных конструкций должны соблюдаться основные принципы сейсмостойкого строительства СП14.13330.2018 [1].

Также возникают дополнительные требования к Ж/Б конструкциям, значительно меняются требования к армированию конструкций. Значительно меняются Т и Г образные узлы стыков [1].

Далее будет производиться сравнение армирования в районе(на основе [1,4,6], где расчетная сейсмическая интенсивность в балах шкалы MSK-64 [8]) - 8 баллов.

Следует отметить, что в сейсмических районах не допускается использовать арматуру класса А400 35ГС согласно (п.6.7.4 сп14.13330.2018), преимущественно использовать А500С. Стыковку рабочей арматуры производить внахлестку +30% без сварки при $d > 20$ мм используется специализированные мех. соединения. Наблюдается увеличение расхода стали более чем на 40% в сравнение с обычным районом строительства. Далее будут рассматриваться рекомендации к объемно-планировочным решениям согласно [1,7,9,10].

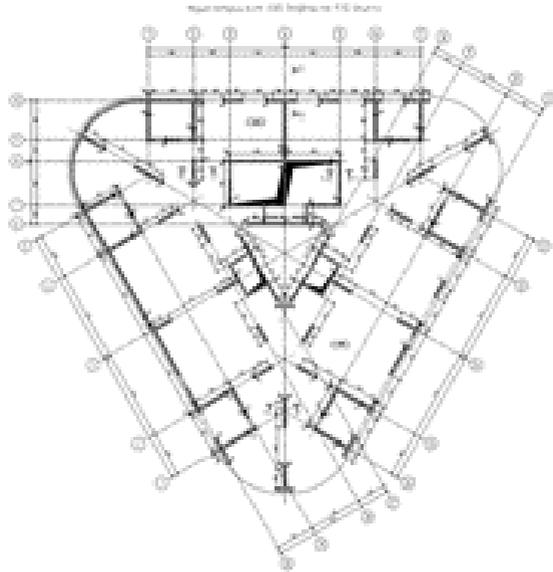


Рис. 1. План типового этажа

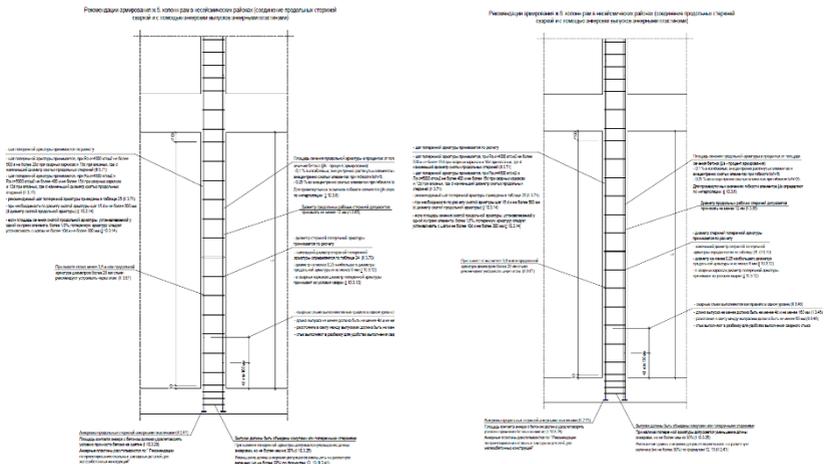


Рис.2. Армирование Ж/Б колонны

Рекомендуется снизить массу несущих и ограждающих конструкций (путем уменьшения сечения и повышения класса стали и бетона), перегородок с целью уменьшения инерционных сейсмических нагрузок. Желательно обеспечить возможность развития пластических деформация и повышению рассеяния энергии при землетрясении. В вертикальной плоскости также желательна по возможности простая и однородная форма, равномерное распределение масс и жесткостей. В перекрытиях отсутствуют большие проемы, ослабляющие диски перекрытий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *А.Н. Бирбраер. Расчет конструкций на сейсмостойкость* - СПб.: Наука, 1998. - 255 с., ил. 70.
2. *Kuznetsov S.V. A new principle for protection from seismic waves // In: Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering – Kokusho, Tsukamoto & Yoshimine (eds). Taylor & Francis Group, London, 2009, pp. 463-468*
3. *"СП 14.13330.2018. Свод правил. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*" (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 24.05.2018 N 309/пр)*
4. *Тихонов И.Н., Мешков В.З., Расторгуев Б.С. «Проектирование армирования железобетона» -М. 2015. — 276 с.*
5. *Габрусенко В.В. Основы расчета железобетона. 200 вопросов и ответов: Учеб. пособие. – Новосибирск: НГАСУ, 2001. – 112 с.*
6. *Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общий курс: Учеб. для вузов.-5-е изд., перераб.и доп.-М.:Стройиздат.1991.-767 с.: ил.*
7. *Нуриева Д.М. Расчет каркасных зданий на сейсмические воздействия: Общий курс: Учеб. для вузов.-5-е изд., перераб.и доп.-М.:Стройиздат.1991.-767 с.: ил.*
8. *Абакаров А.Д., Зайнулабидова Х.Р. Разработка региональной модели сейсмического воздействия // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. — 2001. — №5. — С. 10–12.*
9. *Зайнулабидова Х.Р. Исследование влияния жесткости этажей на сейсмическую реакцию и надежность//Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН – 2019. С. 83-88.*
10. *Белаш Т.А. Особенности строительства и эксплуатации сейсмостойких зданий // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2008. №4.*
11. *Дурнев Р.А., Кочетов О.С., Поляков И.А. Новые конструкции сейсмостойких зданий и сооружений // Технологии гражданской безопасности. 2014. №4 (42).*

СЕКЦИЯ ИСПЫТАНИЯ СООРУЖЕНИЙ

Студент 5 курса 71 группы ИАГ Баринов С.М.

Научный руководитель - доц. каф. ИС, канд. экон. наук А.В. Баулин

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ РЕМОНТНОГО АНГАРА ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО ЛИХОБОРЫ В Г. МОСКВА

Станция Лихоборы была крупнейшей среди всей московской окружной железной дороги (МОЖД), которая была построена в период 1902-1907 г.г. Окружная железная дорога имела длину около 44 км и насчитывала 14 станций и 4 остановочных пункта. [1] В 1934 году пассажирское движение было прекращено, но не грузоперевозки, поэтому МОЖД была выделена в самостоятельную дорогу. [2] В начале XX века было построено и локомотивное депо Лихоборы, к которому в 1950-х был пристроен ремонтный ангар. [3] В 2016 году была проведена масштабная реконструкция всей окружной железной дороги и ее перепрофилизация под московское центральное кольцо (МЦК), которая затронула и станцию Лихоборы (нынешняя Коптево). С тех пор и по сегодняшний день по путям МЦК продолжают курсировать маршруты для всего населения.

Данный ангар представляет собой одноэтажное большепролетное здание с небольшими однотипными пристройками. Стены выполнены из полнотелого силикатного кирпича, кровля фальцевая со световым фонарем почти во всю длину здания (рис.1).



Рис.1. Слева представлен западный фасад ангара, справа - вид сверху на 2021 год

Конструктивная система ангара – каркасная с несущими железобетонными колоннам и поперечными связями. Пространственная жёсткость каркаса обеспечивается перевязкой связями каждые 3-4 ряда колонн и их совместной работой. Фундаменты под стенами здания – столбчатые, из сборного железобетона [4].

Обследование зданий производится с целью получения данных о фактическом состоянии строительных конструкций с учетом изменения во времени.

В результате проведенного натурного обследования было выявлено множество дефектов и повреждений. В следствии нарушения кровельного покрытия и отсечной гидроизоляции на объекте наблюдается большое количество следов намокания и, как следствие, очагов биопоражений и разрушений кирпичной кладки. Так же при обследовании были отмечены деструкция отделки и отслоения штукатурного слоя, а так же разрушения кирпичной кладки. В некоторых местах наблюдаются поздние докомпоновки и заложенные проемы (рис.2).



Рис.2. Фотофиксация дефектов и повреждений

На основании полученных данных можно дать рекомендации по проведению капитального ремонта фасадов, поскольку они находятся в неудовлетворительном состоянии.

По наличию характерных трещин вдоль всей высоты здания можно сделать вывод, что является явным признаком просадки фундамента, поэтому необходимо обследовать фундамент и проверить его несущую способность на данный момент.

Был проведен сбор нагрузок и расчет деформаций основания фундаментов. После определения напряжения под подошвой фундамента и сравнением с расчетным сопротивлением грунта, можно сделать вывод, что условие не выполнено. Напряжение под подошвой выше расчетного значения и требуется дополнительное усиление фундамента.

Частым явлением, разрушающим основание, считается колебания подземных вод, происходящих из-за больших осадков, паводков, которые приводят к вспучиванию почвы. При этом происходит вспучивание почвы и, как следствие, перекося фундамента. Выходом

здесь может быть использование дренажа и гидроизоляции фундамента. Начинать какие-либо работы по укреплению основания нужно только после полного устранения разрушающего фактора.

Усиление существующего фундамента предлагается осуществить путем устройства свай по его контуру с целью увеличения несущей способности. Цельные сваи могут применяться, когда габариты здания позволяют разместить сваебойную технику и исключено повреждение окружающих конструкций. Широко применяются буронабивные, пневмонабивные, буроналивные сваи, которые могут просверливаться через существующий фундамент, используемый как ростверк [5, 6].

Выводы:

В результате обследования здания были выявлены множественные повреждения. А также были рассмотрены различные способы усиления конструкций на примере фундамента. На данный момент объект находится в работоспособном состоянии, но необходимо применить меры во избежание дальнейших разрушений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Сытин П. В.* «Вокруг современной Москвы (По окружной железной дороге)», со схематическим планом Москвы в тексте; Москва, Московский отдел народного образования, 1930 год
2. *Архангельский А. С., Архангельский В. А.* Железнодорожные станции СССР : Справочник. - М. : Транспорт, 1981. - Т. 1. - С. 288. - 368 с.
3. *Акт государственной историко-культурной экспертизы проекта зон охраны объекта культурного наследия регионального значения (ансамбля) от 30 ноября 2018 г. город Москва "Московская Окружная железная дорога, 1903-1908 гг., архитектор А.Н. Померанцев, инженеры Л.Д. Проскуряков, С.Д. Карейша, П.Я. Каменцев, П.И. Рашевский. Станция "Лихоборы", 1903-1908 гг., архитектор А.Н. Померанцев, инженер С.Д. Карейша"*
4. *Альбом исполнительных типовых чертежей: с объяснительным текстом : 1903-1908 / МПС, Управление по сооружению Московской окружной ж. д. Т. 1*
5. *Братан Ф.И., Данилова Е.А., Хотулева Е.И., Окольников Г.Э.* Современные методы усиления оснований // Системные технологии. 2020. №37.
6. *Абраштов В.С., Капустин Д.Е., Капустин А.Е.* Статистический подход к определению количества измерений при проведении инструментального обследования строительных конструкций // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 7(79). – С. 486-495.

ОБСЛЕДОВАНИЕ УСАДЬБЫ БЫКОВО (ВОРОНЦОВЫХ), XVIII-XIX ВВ

В современном мире техническое обследование зданий приобретает все большую актуальность в связи с необходимостью обеспечения безопасности и долговечности строительных конструкций. Техническое обследование позволяет выявлять скрытые дефекты, оценивать состояние инженерных систем и структур зданий, предотвращать аварийные ситуации, повышать эффективность эксплуатации объектов и продлевать их срок службы.

За свою историю, начиная с XVIII века, усадьба Быково сменила 4 владельцев. Во времена СССР во дворце располагался детский дом и школа для диверсантов и разведчиков, санаторий. Здание главного дома было отреставрировано в 80-х годах прошлого века, благодаря чему большая часть декоративных элементов как внутри, так и снаружи сохранилась и сегодня [1].

Здание представлено двухэтажным объемом с небольшими антресолями в объемах боковых ризалитов 1-го и 2-го этажей, на высоком подвале, с холодным чердаком. Конструктивная система здания – стеновая с несущими продольными и поперечными стенами. Пространственная жёсткость несущего остова обеспечивается перевязкой взаимно перпендикулярных кирпичных стен, а также совместной работой стен с конструкциями перекрытий. Фундаменты под стенами здания – ленточные, из каменной и кирпичной кладки. Кладка выполнена на известково-песчаном растворе. Фундаменты под столбами центральной лестницы – столбчатые бутовые. Крыша – вальмовая, вентилируемая, с холодным проходным чердаком, имеет сложную конфигурацию. Доступ на чердак осуществляется по боковым лестницам. Фасады здания – краснокирпичные, богато декорированы контрастными по цвету белокаменными элементами [2].

В результате проведенного натурного обследования были выявлены некоторые дефекты и повреждения. Вследствие нарушения кровельного покрытия и отсечной гидроизоляции на объекте наблюдается большое количество следов намокания и, как следствие, очагов биопоражений и разрушений кирпичной кладки (Рис.1, а). Также при обследовании были отмечены деструкция декоративной отделки и отслоения штукатурного слоя. В некоторых местах наблюдаются поздние докомпоновки и заложенные проемы. Во многом благодаря проведенным в 80-х реставрационным работам здание, в особенности интерьеры, имеют

большую сохранность несмотря на то, что по результатам государственной историко-культурной экспертизы объекту присвоена ограниченно-работоспособная категория технического состояния.



Рис. 1. а - фотофиксация дефектов и повреждений, б – схема рассчитываемого элемента.

В качестве рассматриваемого для расчета элемента была выбрана железобетонная балка балкона (Рис. 1, б). Рассматриваемая конструкция находится на высоте +6.074 от нулевого уровня, принятого на полу 1 этажа здания, со стороны главного фасада. Визуально заметны трещина и прогиб балки.

Усиление железобетонных балок выполняется, если заметны ненормативные прогибы, деформации, дефекты бетона. Восстановление несущей способности достигается подведением разгружающих элементов под балку. Это могут быть стойка, рама, разгружающие подкосы или кронштейны. Увеличить несущую способность конструкции позволяет наращивание сечения бетоном или устройство железобетонной обоймы. Усилить балку можно с помощью добавления снизу листовой или стержневой арматуры, или применяя стальные уголки. Эффективным способом усиления является установка преднапряженных стальных затяжек по бокам или снизу балки [3].

Рассчитаем балку по 1 группе предельных состояний. В ходе вычислений получим, что момент, действующий в сечении больше максимального изгибающего момента от действия внешних нагрузок: $M = 50,7 \text{ кНм} > M_{ult} = 43,7 \text{ кНм}$. Условие не выполняется, прочность конструкции не обеспечена. Также расчет прогибов по второй группе предельных состояний не удовлетворяет нормативным требованиям: $f = 3,065 \text{ см} \leq f_u = 2,8 \text{ см}$. Условие проверки прогиба также не выполняется, следовательно необходимо усиление конструкции рассматриваемой железобетонной балки.

В качестве метода усиления предлагается использовать усиление растянутой зоны балки системой внешнего армирования, представленной сеткой из композитных материалов. Это позволит увеличить ее прочность и предотвратить образование трещин в растянутой зоне от действия приложенных нагрузок. Рассматриваемые

ранее способы усиления представляются в данном случае неподходящими, поскольку будут более заметны при эксплуатации объекта.

Работы по усилению железобетонных конструкций путем внешнего армирования композитными материалами состоят из нескольких этапов: восстановление целостности и геометрической формы и подготовка поверхности усиливаемой конструкции; разметка размещения элементов внешнего армирования и раскрой усиливающих элементов; приготовление связующего и наклейка усиливающих элементов; нанесение защитного покрытия [4, 5].

Расчетом прочности балки после усиления полимерными композитами CarbonWrap® было получено, что предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением усиленного элемента, получился больше, чем расчетный момент M . Следовательно, прочность балки после усиления будет обеспечена.

В заключение можно сказать, что усиление железобетонных балок является важной процедурой, которая позволяет увеличить их прочность и устойчивость к внешним воздействиям. В зависимости от условий эксплуатации и состояния железобетонных балок, можно выбрать различные варианты усиления. Но перед началом работ по усилению железобетонных балок, необходимо провести тщательное обследование конструкций и выбрать наиболее эффективный и безопасный метод усиления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. История усадьбы Быково Факты из истории Усадьбы Быково, собранные историками и краеведами // АНО «Центр сохранения исторического и культурного наследия «Проект возрождения» URL: <https://savebykovo.ru/history> (дата обращения: 12.10.2023).

2. Акт государственной историко-культурной экспертизы "Акт государственной историко-культурной экспертизы проектной документации по сохранению объектов культурного наследия федерального значения «Усадьба Быково (Воронцовых), XVIII -XIX вв. от 26.12.2020.

3. *А.Б. Гольшев, П.И. Кривошеев, П.М. Козелецкий и др.* Усиление несущих железобетонных конструкций производственных зданий и просадочных оснований. - Логос, 2004. - 219 с.

4. *В.Т. Гроздов* Усиление строительных конструкций. - Спб.: Центр качества строительства, 2007. - 224 с.

5. *Бедов А.И., Габитов А.И.* Проектирование, восстановление и усиление каменных и армокаменных конструкций // Издательство АСВ, 2006. - 568 с.

ОСОБЕННОСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ СТРОПИЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

При правильной эксплуатации деревянных конструкций они могут прослужить достаточно долгий срок-больше ста лет, поэтому необходимо проводить плановые, периодические, внеочередные осмотры и обследования.

Инженерное обследование-это комплекс работ по сбору и обработке данных о техническом состоянии конструкций с целью принятия правильных решений по обеспечению должной эксплуатации объектов [1,с.234].

Порядок обследования деревянных стропильных конструкций следующий. Составление схемы расположения несущих конструкций с учётом связей, маркировка с нумерацией узлов и элементов. Замеры монтажных стыков, узлов, длин сечений, измерения заносят в таблицу с проектными и реальными размерами. Составление дефектных ведомостей. Разметка точек отбора, для дальнейшего высверливания образцов для испытаний(важно усилить ослабленную конструкцию, если это необходимо). Камеральная обработка результатов обследования. [1, с.237].

При проведении обследования деревянных стропильных конструкций кровли важно провести осмотр и диагностику для определения их состояния и потенциальных проблем.

Важным этапом является визуальный осмотр конструкции. Необходимо обратить внимание на следующие дефекты:

1)Наличие продольно усушечных трещин, трещин по возможным площадкам скалывания, повреждений на поверхности стропил, расслоения по клеявым швам КДК.

2)Значительные изменения влажности или пятна плесени, указывающие на возможные протечки или недостаточную вентиляцию

3)Загнивание древесины, поражение насекомыми

4)Отклонение от вертикали, выгибы из плоскости

5)Усушка, коробление, разбухание

6)Дефекты соединений.

Трещины - это разрыв древесины вдоль волокон, один из самых часто встречающихся пороков древесины. [5,с.32].

Влажность конструкций должна составлять 12-15 % [6], так как если влажность древесины достигнет 30% (точки насыщения волокон),то прочность конструкции заметно станет меньше, модуль упругости

станет меньше, деформативность повысится [3,с.12]. Данная зависимость представлена на рисунке 1.

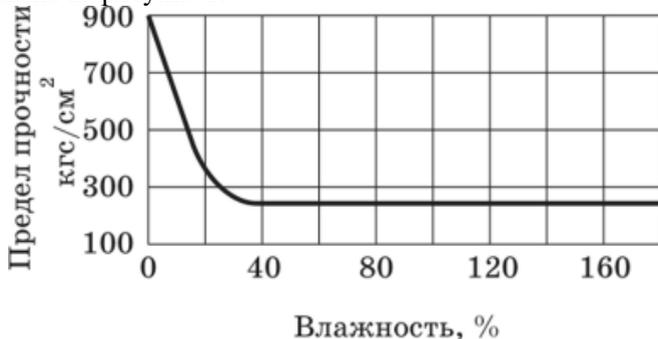


Рис. 1. График зависимости влажности от предела прочности

Усушка в рамках стропильных конструкций может быть опасна, так как может выпасть теплоизоляционный материал.

Разбухание-это увеличение линейных размеров и объема древесины при повышении в ней содержания связанной воды [2,с.68].

Под гниением древесины понимают процесс жизнедеятельности грибов, разрушающих целлюлозу - самую прочную часть древесины.

Для детального обследования состояния деревянных стропил могут использоваться инструменты, такие как молоток, влагомер, штангенциркуль, уровень, рулетка и др.

Как правило, стропильные элементы корродируют не равномерно по длине, а в узлах, стыках. При инженерном обследовании внимание обращается на наиболее опасные в отношении увлажнения и загнивания места: ендова, карнизные участки, опорные части конструкции (мауэрлатный узел), коньковый узел, узел кобылки [4,с.12].

В узлах соединений конструкций (коньковый) проверяется количество и размещение нагелей и болтов (соответствие расстояний между нагелями вдоль и поперек волокон древесины). [1, с.127].

В мауэрлатном узле важным местом для обследования является его должная гидроизоляция, так как блоки будут тянуть влагу из воздуха, а дерево (в плоскости касания) всегда будет сырым, как итог - процесс гниения. Правильная гидроизоляция узла представлена на рисунке 2. В местах примыкания кобылки к мауэрлату важен детальный осмотр на наличие влажных мест, плесени, и т.д., так как там возможен мостик холода.



Рис.2. Гидроизоляция мауэрлатного бруса

Для самих стропильных ног характерно возникновение трещин, одной из причин возникновения трещин является использование древесины большой влажности, наличие пороков древесины также влияет на возникновение трещин. В данной конструкции важна больше глубина самой трещины, а не её ширина.

Общее заключение состоит в том, что регулярное обследование деревянных конструкций является важным элементом обеспечения безопасности и долговечности зданий. Профессиональные обследования, проводимые регулярно, позволяют предотвратить негативные, опасные последствия, и обеспечить сохранность деревянных конструкций на долгие годы вперед.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Калугин А.В.* Деревянные конструкции. 2008. С. 234-238.
2. *Карлсен Г.Г.* Деревянные конструкции.. М., 1961. С. 68.
3. *Кузнецов Г.Ф.* Справочник проектировщика промышленных сооружений. Деревянные конструкции., 1937. С. 12.
4. *Отрешко А.И.* Деревянные конструкции.. М., 1957. С. 127.
5. *Кабанов В.А.* Надёжность деревянных конструкций. М., 2003. С. 32.
6. *Бусаргин Д.А., Осина П.Н.* Армированные деревянные конструкции // Оригинальные исследования. – 2023. – Т. 13, № 7. – С. 32-37.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОТДЕЛКИ ПОТОЛОЧНОЙ ПОВЕРХНОСТИ МОНОЛИТНОГО КАРКАСНОГО МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ

Продолжительность отделочных работ в жилых зданиях составляет значительную, а иногда и большую, часть всего срока строительства по многочисленным причинам, что зачастую приводит к большим трудозатратам, а соответственно экономически невыгодно. Благодаря использованию несъемной опалубки можно исключить из производственного цикла подготовительные процессы, такие как распалубка конструкции межэтажного перекрытия и выравнивание потолочной поверхности, которые отнимают значительное количество времени и рабочей силы, а также сократить количество моментов недостаточной координации между исполнителями данных работ. Помимо этого, процесс отделки потолочной поверхности становится более экологичным за счет исключения образования строительного мусора от подготовительных процессов. Ну и наконец, использование несъемной опалубки обеспечивает более высокую прочность и стабильность потолочной поверхности, тем самым позволяя избежать возможные образования различных дефектов, что увеличивает долговечность и эксплуатационные характеристики чистовой поверхности.

Наиболее широкое применение несъемная опалубка нашла в малоэтажном и промышленном строительстве зданий и сооружений. В данных видах строительства используют в качестве несъемной опалубки пустотелые блоки из различных материалов [1], профилированный лист и так далее. Что же касается применения рассматриваемой технологии в секторе жилого монолитного строительства, то в статьях основными вопросами являются лишь перспективы применения несъемной опалубки, ее виды, преимущества и недостатки по отношению к классической разборно-переставной крупнощитовой съемной опалубки [2-4]. Таким образом, вопрос достижения готовой под отделку потолочной поверхности при монолитном каркасном жилом строительстве с помощью применения несъемной опалубки, и в целом факт применение данной технологии, в отечественной технической науке исследован неполно, фактически отсутствуют экспериментальные и теоретические данные.

В статье [5] польскими авторами описывается технология применения стеклопластика, как материала несъемной опалубки, которая интегрирована в бетон и действует как самонесущая опалубка. В ходе исследования, авторами была рассмотрена интегрированная несъемная опалубка, основанная на полых коробчатых сечениях, которые в последующем авторы предлагают усовершенствовать в трапецевидные (рис. 1).

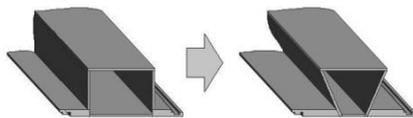


Рис. 1. Схема модифицированной модульной стеклопластиковой опалубки

Итогом данной работы являются аналитический расчет и теоретический анализ составного элемента, которые доказывают целесообразность изменения формы трапецевидного сечения модульного профиля. Кроме того, повышение несущей способности за счет изменения формы позволяет снизить расход бетона, что связано с уменьшением собственного веса конструкции.

В ходе изучения вопроса применения несъемной опалубки перекрытия с целью оптимизации процесса отделки потолочной поверхности в монолитном каркасном многоквартирном жилом здании, был проведен сравнительный анализ процесса возведения здания с применением классической разборно-переставной крупнощитовой съемной опалубки и с применением несъемной опалубки. Результатом проведенного исследования является сравнительный анализ технико-экономических показателей, приведенный в таблице 1. Было наглядно выявлено улучшение следующих параметров:

- сокращение сроков выполнения строительного-монтажных работ;
- отсутствие потребности в использовании машин и механизмов;
- повышение экологичности процесса посредством сокращения количества строительного мусора;
- сокращение затрат труда рабочих;
- понижение стоимости строительства;
- повышение качества потолочной поверхности;
- получение готовой под отделку потолочной поверхности;
- сокращение количества технологических операций, соответствующее уменьшению количества моментов недостаточной координации между исполнителями данных работ и снижению травмоопасности.

Таблица 1.

Сравнительный анализ технико-экономических показателей

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во		Примечания
			1 в.	2 в.	
1	Нормативные затраты труда рабочих	чел.-дн.	41,4	29,6	↓28,5%
2	Нормативные затраты труда машин и механизмов	маш.-смен.	1,87	0,18	↓90,4%
3	Трудоемкость СМР на единицу площади	чел.-дн/м ²	0,414	0,296	↓28,5%
4	Выработка на одного рабочего	м ² /чел.-дн	2,42	3,38	↑39,7%
5	Стоимость строительства	тыс. р.	345,8	259,9	↓24,8%
6	Средняя выработка строительно-монтажных работ	тыс.р./чел.-дн	8,35	8,78	↑5,2%
7	Общая продолжительность СМР	дн.	11	8	↓27,3%
8	Стоимость 1м ²	тыс.р.	3,45	2,59	↓24,9%

Экономический аспект в данном исследовательском вопросе является определяющим, ведь тогда теряется смысл использования данной технологии. Помимо этого, материал должен отвечать санитарно-эпидемиологическим и пожарным требованиям, которые предъявляются актуальной нормативно-технологической документацией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Абакумов Р.Г.* Виды сборно-монолитных перекрытий и возможности их использования при воспроизводстве зданий / *Р.Г. Абакумов, М. Я.А. Аль Киари* // Инновационная наука. — 2017. — № 2–1. — С. 25–27
2. *Гайдуков П. В.* Особенности применения несъемной опалубки перекрытий / *Гайдуков П. В., Пугач Е. М.* // Вестник евразийской науки. — 2021. — Т. 13. — № 6.
3. *Гайдуков П.В., Пугач Е.М.* Перспективы применения несъемной опалубки для устройства перекрытий малоэтажных зданий в стесненных условиях // Вестник Евразийской науки, 2020 №1.
4. *Гайдуков П. В.* Структура комплексной технологичности несъемной опалубки перекрытий / *П. В. Гайдуков, Е. М. Пугач* // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 1.
5. *Kinga Brózda, Jacek Selejdak, Peter Koteš* / The GFRP profiles as stay-in-place formwork / E3S Web of Conferences 49(3).

Студент 4 курса 6 группы ИПГС Григорьева К.Г

Студент 4 курса 4 группы ИПГС Шевко П.Д.

Научный руководитель - доц.каф.ИС, канд. техн. наук Л.Х. Сафина

НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

11 июля 2023 года Росстандартом опубликована первая редакция впервые создаваемого свода правил «Строительный контроль объектов капитального строительства». Документ разработан ЦНИИПромзданий [1]. В нем впервые представлено определения термина строительный контроль: комплекс мероприятий, проводимый лицом, осуществляющим строительство (подрядчиком), застройщиком (техническим заказчиком) или лицом, привлеченным застройщиком (техническим заказчиком) по договору для осуществления строительного контроля, по оценке соответствия выполняемых работ при строительстве зданий и сооружений требованиям проектной (рабочей) документации и результатам инженерных изысканий, требованиям национальных стандартов и сводов правил, обеспечивающих соблюдение требований технических регламентов, действие которых распространяется на процесс строительства зданий и сооружений [2].

Так же, как и любая другая специальность, должность инспектора строительного контроля связана с опасностями, которые могут возникнуть при исполнении им работы. Источником опасности являются и кабинет, коридор и персональный компьютер, но в первую очередь к ним относятся строительное оборудование, строительные объекты и транспорт на строительной площадке.

В новом своде правил наличествует глава, посвященная охране труда при проведении строительного контроля. С учетом проекта вышеназванного свода правил, а также личного опыта практики в качестве помощника инспектора строительного контроля в ФБУ «Росстройконтроль» и после ознакомления с документацией данной компании [3-7], был сформулирован перечень опасностей, относящихся к работе инспектора, а также и иных работников. Основной мерой управления риском для перечисленных опасностей является соблюдение требований охраны труда. Эти требования перечисляются в нормативной документации, к которой относятся приказы Минтруда России, нормативные правовые акты, национальные и межгосударственные стандарты и др. Документы по охране труда для каждой опасности, которой подвергается инспектор строительного контроля представлена в таблице 1.

Документы по безопасности

№	Опасность	Документация	Меры защиты
1.	Опасность падения с высоты	Гост Р ЕН 355-2008	Пункт 1- этот стандарт описывает общие требования к амортизаторам.
		Гост Р ЕН 363-2007	Пункт 1- этот стандарт устанавливает общие требования для страховочных систем.
		Гост Р ЕН 813-2008.	Пункт 1- этот стандарт устанавливает общие требования для привязей.
2.	Опасность удара из-за падения перемещаемого груза	Приказ Минтруд а России от 28.10.2020 N 753н	Пункт 6 - Требования охраны труда при транспортировке и перемещении грузов
3.	Опасность удара вращающимися или движущимися частями оборудования	Приказ Минтруд а России от 29.10.2021 N 767н	Пункт 1.5- в этом пункте описаны СИЗ, обязательных к выдаче. Обувь специальная, СИЗ глаз и лица. СИЗ головы. СИЗ рук.
4.	Опасность поражения током вследствие контакта с токопроводящими частями	ГОСТ 12.2.007.0-75	Пункт 3- этот стандарт описывает требования безопасности к электрическому изделию и его частям.
		ГОСТ 12.1.019-2017	Пункт 4.2 - этот стандарт показывает обеспечение электробезопасности техническими способами и средствами
5.	Опасность повреждения органов дыхания частицами пыли	ГОСТ 12.1.005-88. М	Пункт 4 - этот стандарт устанавливает контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
		ГОСТ 12.4.294-2015	Пункт 1 - этот стандарт распространяется на фильтрующие полумаски.
		ГН 2.2.5.131-3-03	Пункт 2 - этот стандарт устанавливает ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

№	Опасность	Документация	Меры защиты
6.	Опасность повышенного уровня и других неблагоприятных характеристик шума	Приказа Минтруда России от 29.10.2021 N 767н	Пункт 10.1 - в этом пункте описаны СИЗ, обязательных к выдаче. Противошумные наушники.
		ГОСТ 12.1.003-2014	Пункт 6 - этот стандарт устанавливает меры по защите работников от воздействия шума

Далеко не каждый специалист в области строительного контроля считает нужным изучать нормативную документацию по охране труда. Тем не менее, из представленной выше таблицы можно сделать вывод, что данная работа при несоблюдении правил охраны труда подразумевает ежедневный риск здоровью и жизни. Знание каждого из перечисленных нормативных документов и выполнение изложенных в них требований обеспечивает безопасность человека.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кириленко А.М.* Диагностика железобетонных конструкций и сооружений. Москва Архитектура-С 2013. 318 с.
2. *Гроздов В.Т.* Усиление строительных конструкций. - Спб.: Центр качества строительства, 2007. - 224 с.
3. Карта оценки профессиональных рисков для инспектора строительного контроля
4. Приказ Минтруда России от 29.10.2021 N 767н «ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ЕДИНЫХ ТИПОВЫХ НОРМ ВЫДАЧИ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ И СМЫВАЮЩИХ СРЕДСТВ»
5. Приказ Минтруда России от 28.10.2020 N 753н «ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ПРАВИЛ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТАХ И РАЗМЕЩЕНИИ ГРУЗОВ»
6. *Сазонова С.А.* Охрана труда на производственном объекте в строительстве с повышенным пылевыведением // Техносферная безопасность: научные тенденции, методы, средства обеспечения и специальное образование : материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2022. – С. 51-56.
7. *Николенко С.Д.* Моделирование работы конструкций из дисперсно-армированного бетона при знакопеременной динамической нагрузке большой интенсивности // Моделирование систем и процессов. - 2021. - Т. 14. - № 3. - С. 36-44.

ПРОБЛЕМАТИКА ДИАГНОСТИКИ СВАЙ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

При проведении технического обследования фундаментных конструкций, возведенных на свайном основании, инженеры-обследователи часто сталкиваются с проблемой определения фактической длины, смонтированной сваи, ввиду отсутствия у заказчика исполнительной и проектной документации [1-5].

Длина сваи – это один из необходимых параметров для определения несущей способности сваи расчетным методом. При определении несущей способности свай по результатам полевых испытаний (статической или динамической нагрузкой) значение длины, испытываемой сваи не требуется, но этот метод более длительный и дорогостоящий, вследствие чего не рационален при обследовании большого количества свай. Для решения задачи по определению длин свай, а также проведения работ по их дефектоскопии в современной практике инженеры применяют метод сейсмоакустической диагностики.

Сейсмоакустический метод диагностики свай основан на возбуждении в оголовке сваи низкодеформативного акустического импульса и регистрации волн отклика, отраженного от различных объектов (конца сваи, дефектов, стыка, смены грунтовых оснований), встречающихся по пути движения волн в стволе сваи. Отраженные волны возвращаются к верху сваи и регистрируются датчиком, установленным на торце сваи на некотором расстоянии от места возбуждения акустического импульса. В датчике сигнал фиксируется акселерометром, оцифровывается и отправляется на обрабатывающее устройство.

Проведение диагностики свай сейсмоакустическим методом можно разделить на три равновесных этапа, качество выполнения каждого из которых непосредственно влияет на полученный результат.

Первый этап – подготовка к проведению испытаний. Для приема и регистрации вторичной волны в сваях предварительно проводится удаление некачественного бетона с последующим выравниванием поверхностей оголовков для установки датчиков акселерометров.

Второй этап – проведение измерений. При помощи ультразвукового тестера (методом поверхностного прозвучивания) определяют скорость распространения ультразвука в теле сваи, полученные данные заносят в измерительный блок. При помощи специального молотка с демпфером (насадкой различной твердости) наносится удар по предварительно

подготовленной поверхности торца сваи (не менее десяти ударов на одну сваю). Полученные в результате ударов рефлектограммы оцениваются с точки зрения их стабильности и наличия отражения от пяты сваи на ожидаемой глубине.

Третий этап – обработка полученных данных (рефлектограмм). Первичную обработку выполняют непосредственно на объекте диагностики. Далее при необходимости с помощью специализированного программного обеспечения, предоставляемого изготовителем оборудования можно произвести камеральную обработку полученных данных, используя следующие основные методы: интегрирование, инвертирование, амплитудная коррекция (усиление), частотная фильтрация, усреднение.

На рис.1 представлено проведение измерений длины и сплошности сваи при помощи прибора ИДС-1.



Рис. 1. Определение длины сваи при помощи прибора ИДС-1

Результаты полученные посредством измерений, проведенных сейсмоакустическим методом не следует принимать как полностью достоверные ввиду определённого ряда недостатков, присущих данной методике:

1. Приборы для проведения диагностики свай сейсмоакустическим методом не внесены в государственный реестр средств измерений.

2. Предварительный национальный стандарт (ПНСТ 804-2022 Сваи. Сейсмоакустический метод контроля длины и сплошности),

регламентирующий методику проведения испытаний был введен только в 2023 году и требует доработки и корректировки после его практического применения.

3. Сложность интерпретации и обработки рефлектограмм, при испытании свай, изготавливаемых непосредственно на объекте контроля и имеющих множество несплошностей, пустот и прочих дефектов влияющих на прохождение акустического импульса.

Сейсмоакустический метод диагностики на данный момент является самым эффективным способом определения длины и сплошности, смонтированных свай, но, несмотря на это, методика, приборы и способы интерпретации результатов требуют доработки с целью облегчения алгоритма проведения испытаний и увеличения точности их результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дегаев Е.Н., Краев Б.С., Бобылев Д.Г.* Особенности оценки сплошности свай методом сейсмоакустической дефектоскопии // Строительство: наука и образование. 2022. Т. 12. Вып. 1. Ст. 4.

2. *Капустин В.В., Чуркин А.А.* Применение динамических атрибутов акустического сигнала для оценки контакта свай с вмещающими грунтами // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. - 2020. - № 3. - С. 126, 137.

3. *Богов С.Г.* Проблемы устройства свайных оснований в городской застройке в условиях слабых грунтов Санкт-Петербурга Интернет-журнал «Развитие городов и геотехническое строительство». - 2004. - № 8. - С. 119-128.

4. *Тер-Мартirosян З.Г., Акулецкий А.С.* Взаимодействие свай большой длины с окружающим многослойным и подстилающим грунтами // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. Вып. 2. С. 168-175 . DOI: 10.22227/1997- 0935.2021.2. 168-175.

5. *Соболев Е.С., Сидоров В.В.* Взаимодействие свай и окружающего грунта при вибрационном погружении // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 3 (114). С. 293-300.

СТРОИТЕЛЬСТВО КАМПУСА НА ТЕРРИТОРИИ НИУ МГСУ

В рамках национального проекта "Наука и университеты" была запущена программа создания сети университетских кампусов. Эта программа была инициирована по указанию президента России Владимира Путина в 2021 году. К 2030 году во всех федеральных округах страны будет создана сеть из 25 современных кампусов, построенных на территории университетов. Это строительство имеет важное значение для улучшения образовательной и научной инфраструктуры в стране. Проект направлен на поддержку и развитие высшего образования, научных исследований и инноваций.

Основными целями проекта являются:

- 1) Привлечение молодежи в сферу науки и технологий;
- 2) Развитие научных исследований;



Рис.1. Кампус Боккони

3) Реализация международного сотрудничества с зарубежными университетами и научными центрами.

Университетские кампусы существуют в Европе уже несколько столетий [1-4]. Так, например, кампус Боккони является одним из старейших университетских кампусов в Италии и был основан в XX веке. Он расположен в центре Милана и занимает площадь около 30 гектаров. Кампус состоит из множества зданий, включая учебные корпуса, лаборатории, библиотеки и общежития для студентов. На территории кампуса также есть парки, спортивные сооружения и кафе (рис.1).

Еще одним ярким примером является кампус Кембриджского университета, который расположен в исторической части города. На территории есть несколько библиотек, легкоатлетический манеж, 8 музеев, ботанический сад и многое другое (рис.2).



Рис.2. Кампус Кембриджа

В результате исследований, проведенных в различных странах, ученые установили связь между организацией пространства и планировкой студенческого жилья с академическими результатами и последующей деятельностью молодых людей после окончания учебного заведения. Именно поэтому

Министерством высшего образования РФ и Министерством строительства РФ были разработаны требования к инвестиционным проектам на основании международных трендов развития современных университетских городков. Среди них можно выделить следующие аспекты: интеграция инновационных технологий, создание благоприятных учебных условий и возможностей для физкультурных и спортивных занятий, обеспечение комфортных условий для отдыха и досуга, применение современных систем безопасности с акцентом на уменьшение негативного воздействия на окружающую среду, а также обеспечение высокой транспортной доступности.

Одним из первых реализованных проектов по программе «Приоритет 2030», стартовавшей в 2021 году, стал кампус Дальневосточного федерального университета – одного из крупнейших учебных заведений на Дальнем Востоке России.

Главной особенностью кампуса ДВФУ является его дислокация. Вся территория расположена на острове, что создает особую атмосферу для студентов.

Кампус ДВФУ состоит из нескольких зданий и сооружений, включая учебные корпуса, общежития, спортивные комплексы, библиотеки и научные центры. На территории кампуса также располагаются парки, скверы и зоны отдыха для студентов (рис.3).



Рис.3. Вид в 2023 году

Предполагается реализация кампусных проектов, соответствующих мировым стандартам, на территории НИУ МГСУ в рамках трехэтапной стратегии, распределенной до 2035 года.

Развитие территорий МГСУ предполагает работу по четырём основным направлениям:

1. Строительство современных общежитий: этот аспект занимает первое место по приоритетности, поскольку наличие качественного жилья для иногородних студентов является важным фактором, который повышает привлекательность вуза для абитуриентов не только из региона, но и со всей страны. Строительство современных общежитий с удобными условиями проживания способствует комфортной и безопасной студенческой жизни.

2. Строительство помещений для проведения лекционных занятий: повышение численности студентов ведёт к необходимости расширения аудиторных помещений для проведения лекций. Одним из ключевых аспектов в качестве образования является доступ к современной инфраструктуре и комфортным условиям обучения. Поэтому важно

обеспечить вуз соответствующими зданиями и оборудованием для эффективных занятий.

3. Строительство лабораторий с современным оборудованием: для развития в научной сфере необходимо строительство современных лабораторий с передовым техническим оборудованием и натурными стендами для проведения экспериментов. Такие лаборатории позволят студентам, преподавателям и исследователям вести инновационную научную работу и развивать новые технологии.

4. Строительство спортивных сооружений: уделяя должное внимание спорту и физическому здоровью студентов, важно создать условия для активного образа жизни и развития спортивных талантов. Строительство спортивных сооружений позволит не только проводить тематические мероприятия и занятия, но и способствовать формированию здорового образа жизни среди студенческой общественности (ледовая арена, реконструированный дворец спорта с технопарком) [5].

Все эти направления развития территорий МГСУ будут направлены на создание благоприятной и инновационной централизованной зоны всестороннего обучения студентов со всего мира.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *В. В. Власова, Л. М. Гохберг, К. А. Дитковский и др.*; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : НИУ ВШЭ, 2023. – 48 с. – 200 экз. – ISBN 978-5-7598-2768-9 (в обл.).

2. *Ремизова Т. С.* Университетские кампусы мирового уровня как новая форма организации образовательных пространств на территории Российской Федерации / Т. С. Ремизова, А. А. Алаев // Университетское управление: практика и анализ. – 2023. – Т. 27, № 2. – С. 101-115. – DOI 10.15826/umpra.2023.02.016. – EDN UJTFED.

3. *Подопригора Ю. В.* Современные университетские кампусы с использованием зеленых инноваций: зарубежный и российский опыт / Ю. В. Подопригора, Т. В. Захарова, Д. Кроза // Естественно-гуманитарные исследования. – 2020. – № 28(2). – С. 220-226. – DOI 10.24411/2309-4788-2020-10105. – EDN PLBHVX.

4. *Веретенцева А. В.* Программа "Приоритет 2030" в контексте социально-экономического развития региона / А. В. Веретенцева, Е. И. Моисеенко // Актуальные проблемы бухгалтерского учета, анализа и аудита : Сборник научных статей 14-й Всероссийской молодежной научно-практической конференции с международным участием, Курск, 26 мая 2022 года / 2022. – С. 40-43. – EDN ALBUBN.

5. *Харьковская К.В.* Новые "этажи" городов: надземные большепролетные здания-платформы // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – № 3. – С. 29-33.

Студентка 5 курса 71 группы ИАГ Калиниченко Е.К.

Студентка 4 курса 71 группы ИАГ Ратченкова М.В.

Научный руководитель - доц., канд. экон. наук, доц. А.В. Баулин

ОБСЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСА ПОСТРОЕК МЕДОПИВОВАРЕННОГО ЗАВОДА «БОГЕМИЯ»

В современных реалиях существует множество архитектурных объектов. Часть из них нуждается в реставрации или даже в реконструкции в зависимости от степени износа его элементов.

Для определения существующего состояния памятников архитектуры необходимо выполнить инженерно-техническое обследование. Качество проведенного обследования напрямую влияет на правильность и эффективность мероприятий на памятнике. В процессе проведения данных работ специалисты определяют эксплуатационный ресурс строения, износ конструктивных элементов и оценивают его несущую способность [1].

Основной целью исследования служит определение технического состояния памятника, выявление эксплуатационных качеств конструкций и подбор метода по их укреплению. В данной работе рассматривается «Здание варочного цеха» комплекса построек медопивоваренного завода "Богемия", расположенного в Великом Новгороде.

Завод основан в 1878 году и состоит из нескольких построек. На протяжении 100 лет территория постоянно подвергалась изменениям. Производство пива прекращено в 1980-х годах, после этого корпуса завода находились без использования [2]. В 2002 году комплекс взят на учет как объект культурного наследия, ему присвоен статус регионального значения.

Рассматриваемое здание варочного цеха является доминантой комплекса и находится в аварийном состоянии. Оно имеет квадратную форму в плане и является 4-этажным строением. Наружные стены выложены из красного глиняного кирпича на известковом растворе. Фасады здания имеют декоративные элементы, выполненные из кирпича. Форма крыши двухскатная, а оконные проёмы имеют арочные перемычки (Рис.1). В интерьере сохранились 4 металлические колонны и перекрытия в виде сводов Монье.

Перед началом исследования осуществлен выезд на объект и составлен акт технического состояния. В результате осмотра установлены следующие повреждения: фундаменты не обследовались, деформации стен и наличие трещин свидетельствуют об осадочных процессах. Цоколь выполнен из каменных тесаных блоков, состояние

неудовлетворительное, отмостка отсутствует. На всех фасадах обнаружены трещины, следы намокания, биопоражений, выветривание и разрушение наружной кладки и кладочного раствора. На восточном и западном фасадах прослеживается обрушение перемычек. Присутствуют следы поздней реконструкции. На северном фасаде установлено усиление металлическим каркасом на всю высоту для предотвращения обрушения несущей стены, значительные разрушения кирпичной кладки, после утраты примыкающего здания. По периметру строения под карнизом установлен металлический пояс. (Рис.1)

Историческая крыша утрачена. Над основным объемом устроены временные крыши с металлическим покрытием. Третий ярус одной из башен полностью утрачен, остальные имеют следы разрушения. Все декоративные элементы на фасадах подлежат реставрации. (Рис.1)

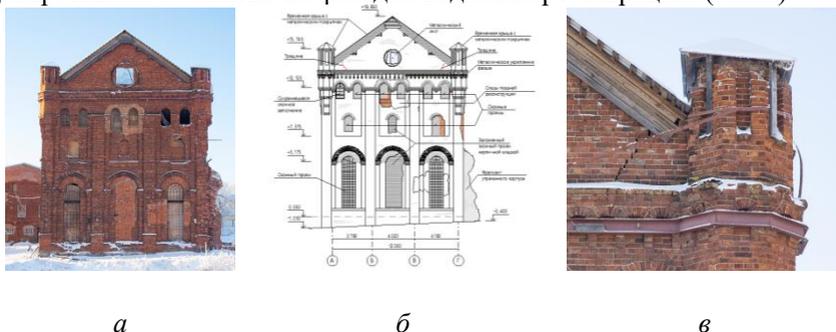


Рис. 1. а) Восточный фасад, на момент 06.12.2024; б) Обмерный чертеж с картограммой дефектов; в) Фрагмент фасада с выбранным дефектом

Для предотвращения дальнейших разрушений требуется проведение мероприятий по усилению несущих конструкций. Для рассмотрения методов усиления и расчета влияния дефекта на несущую способность была выбрана трещина на фронтоне восточного фасада (Рис.1), длина которой составляет 1 м, а раскрытие примерно 1 см. [3]

Далее был произведен расчет прочности, который проводится по 1 группе предельных состояний. Суммарная нагрузка на стену составила 49 557 кН, а несущая способность стены 47 063 кН. По условию прочности несущая способность конструкций должна быть больше, чем прикладываемая нагрузка. Данное условие не выполняется, следовательно, требуется усиление.

В ходе работы рассмотрены существующие методы усиления и восстановления каменных конструкций, среди которых выявлены:

стальная и железобетонная обойма, армированная растворная обойма, инъектирование, применение композиционных материалов из углеродных волокон, сжатые сердечники, перекладка кирпичной кладки. Выявлено, что усиление каменной кладки с применением инъекции возможно в сочетании с такими методами усиления, как устройство обойм, сердечников, набетонок и др.

Для данного здания выбран метод усиления сердечником с инъектированием. Так как инъектированием следует заделывать трещины до 4 мм, следовательно, данного метода будет недостаточно. Фасады находятся в предмете охраны, поэтому наружные стены со стороны улицы нарушать запрещается. Усиление может быть выполнено устройством металлического или железобетонного сердечника, размещаемого в вертикальной нише, вырубленной в прорезке [5].

Подводя итог, можно отметить, в результате обследования Варочного цеха был выявлен ряд дефектов. Для подробного изучения выбрана трещина и произведен расчет ее влияния на конструкцию. Проанализировав основные методы усиления, наиболее оптимальным для данного объекта оказался метод усиления сердечником с инъектированием. Также важно отметить, что реставрации подлежит все здание.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Белов В.В., Деркач В.Н.* Экспертиза и технология усиления каменных конструкций. // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 7 (17). С. 14-20.
2. *Дмитрук Н.Г., Дружнова М.П.* История становления промышленности Новгородской области в досоветский период. // Вестник Новгородского филиала РАНХиГС - 2021. Т. 11. № 11. С. 102-109
3. *Панькин О.И., Климова Ю.В.* Особенности реконструкции кирпичной кладки стен объектов культурного наследия. // Шаг в науку. 2022. № 2. С. 11-15.
4. *Бедов А.И., Габитов А.И.* Проектирование, восстановление и усиление каменных и армокаменных конструкций // Издательство АСВ, 2006. - 568 с.
5. *Мишуренко Н.А., Сорокин А.Н.* Домацкий А.В. Усиление кирпичной водонапорной башни. // В сборнике: Модернизация научной инфраструктуры и цифровизация образования. Материалы XI Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Ростов-на-Дону, 2021. С. 39-42.

АНАЛИЗ ПОЛОЖЕНИЙ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ ПРОЦЕДУРЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА (НТСС)

Научно-техническое сопровождение строительства – комплексный процесс, обеспечивающий качественное и безопасное возведение, а также последующую эксплуатацию строительных конструкций. В последние десятилетия, в ходе развития строительства уникальных и технически сложных зданий и сооружений, а также с введением нормативных документов, требующих осуществления научно-технического сопровождения вопрос обоснования работ по проведению НТСС стал очевидным для всех.

В сфере регулирования научно-технического сопровождения строительства существует ряд основных нормативных документов, их анализ приведен в таблице 1.

Таблица 1.

Название	Области действия	Основные положения	Обязательность выполнения
Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «Технический регламент безопасности зданий и сооружений».	Все этапы ЖЦЗ.	Устанавливает требования к конструкциям зданий и сооружений, изысканиям, проектированию, строительным работам, эксплуатации, утилизации. Позволяет предусматривать необходимость работ по НТСС на этапе проектирования.	к и ЯВЛЯЕТСЯ ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ

ГОСТ-27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения»	Принципы обеспечения надежности конструкций зданий и соор-й	Возведение зданий и сооружения класса КС-3 должно сопровождаться работами по научно-техническому сопровождению проектирования, строительства, изысканий.	НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ
ГОСТ-1937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»	Требования к работам и составу работ, которые контролируют состояние зданий и соор-й	НТС и мониторинг строительства осуществляется в соответствии с МСД 02-2008	НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ
СП267.1325800.2016 «Здания и комплексы высотные. Правила проектирования»	Проектирование и строительство новых высотных зданий	НТС выполняется специализированными организациями. Устанавливает ряд требований к контролю качества в составе НТС, но выполняемые ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ по большей части	НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ
МРДС 02-2008 «Пособие по научно-техническому сопровождению и мониторингу строящихся зданий и сооружений, в том числе большепролетных, высотных и уникальных»	Обеспечение качества и безопасности объектов на всех стадиях стр-ва	Основные положения порядка проведения НТСС и мониторингу состояния конструкций уникальных зданий	НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ

Таким образом, из анализа вышеуказанных нормативных документов и ряда литературных источников [1-5] мы можем видеть:

1. В большинстве документов указаны только общие сведения о научно-техническом сопровождении строительства и указана

необходимость его исполнения, однако четких указаний о составе работ, их обязательности, своевременности проведения не указаны.

2. Имеются лишь общие данные о требованиях к организациям осуществляющим НТСС, однако никаких четких критериев к «специализированным организациям» нигде не предоставлено.

3. Большая часть документации, устанавливающая порядок и регламентирующая состав работ в составе НТС является необязательными к исполнению.

Из это следует острая необходимость упорядочивания и введения одного общего свода правил, в котором были бы учтены все недостатки уже введенных документов, а также введены обязательные положения о составе работ в сфере научно-технического сопровождения строительства, требованиях к исполнителям.

Сейчас находится в стадии разработки и публичного обсуждения находится свод правил – «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА», однако это – будет первая редакция, не лишенная своих недостатков, и не проверенная в ходе производства работ, следовательно, говорить о закрытии вопроса еще рано.

Таким образом, в Российской Федерации есть большое число нормативных документов, имеющих в своем содержании те или иные указания о проведении научно-технического сопровождения строительства, однако ни один из документов не является полным и обязательным к применению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;
2. *Бедов А.И., Сапрыкин В.Ф.* Обследование и реконструкция железобетонных и каменных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. Изд-во АСВ. 1995 - 192 с. ил.
3. *Бедов А.И., Габитов А.И.* Обследование и оценка технического состояния оснований и строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. Часть 1. 2014 -703 с.
4. *Дорф В.А.* Байесовский подход к определению прочности бетона с учетом априорной // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 3. – С. 68-73.
5. *Ермаков В.А.* Контроль напряженно--деформированного состояния внутри железобетонных конструкций // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2019. – № 1(1013). – С. 62-64.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ РИСКА СРЫВА СРОКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И УДОРОЖАНИЯ ПРОЕКТА

Рассмотрим в данной статье на какой стадии осуществляется оценка качества технической документации, получаемой подрядной организацией от заказчика, а также определим влияет ли данный фактор на риск срыва сроков строительства и может ли это привести к удорожанию проекта.

На этапе проектирования техническую документацию разделяют на две стадии: проектную, которая в некоторых случаях, определенных статьей 49 Градостроительного Кодекса Российской Федерации (далее – ГрК РФ) подразумевает прохождение государственной экспертизы, и рабочую, которая разрабатывается на основании проектной и имеет по сравнению с ней большую детализацию.

После заключения контракта подрядная организация имеет обязательство проведения входного контроля (аудита) полученной проектной документации (раздела Проект организации строительства) и рабочей документации (а также в составе информационной модели объекта), проверив при этом:

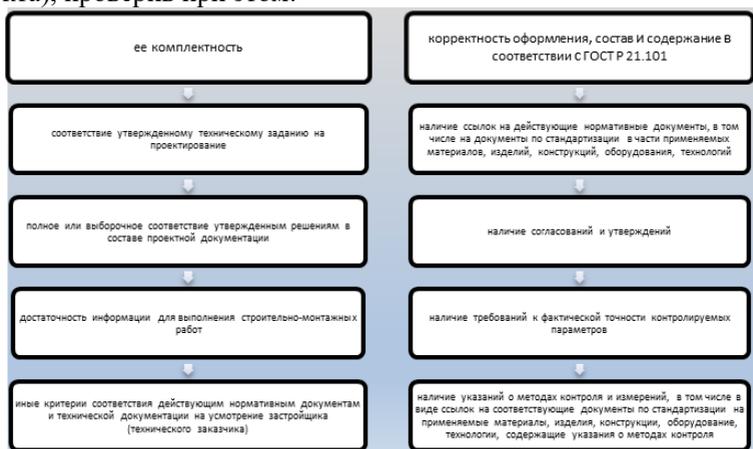


Рис. 1. Перечень вопросов, подлежащих проверке согласно п. 5.5. СП 48.13330.2019 «СНиП 12-01-2004 Организация строительства»

Завершение проверки технической документации подрядной организацией знаменует подписанный акт приема-передачи, при условии, что никаких замечаний не выявлено. Зачастую именно так и происходит, однако, в процессе строительства подрядные организации сталкиваются с ошибками проектирования и неизбежностью отклонений от проектной документации, в связи с чем подрядные организации инициируют внесение в нее изменений. При подробном рассмотрении данного вопроса можно сделать вывод, что далеко не каждая подрядная организация, имеющая допуск к участию в торгово-закупочных процедурах, в своем штате содержит специалиста, состоящего в Ассоциации «Национального объединения изыскателей и проектировщиков» (НОПРИЗ), в том числе, какую-либо численность лиц, обладающих необходимыми навыками проектирования согласно действующему законодательству Российской Федерации.

Согласно Федеральному закону от 01.12.2007 №315-ФЗ (рез. От 02.07.2021) «О саморегулируемых организациях» для получения СРО на право выполнения строительно-монтажных работ (за исключением требований к выполнению работ на особо-опасных объектах) членство сотрудников в НОПРИЗ не является обязательным, требуется лишь членство некоторых сотрудников в Ассоциации «Национального объединения строителей» (НОСТРОЙ) [3]. В следствии чего надлежащим образом данные мероприятия по оценке проектной документации не производятся, т.к. требование по проведению входного контроля проектной и рабочей документации выполняют сотрудники, чья квалификация не позволяет на ранней стадии выявить ошибки и сообщить об этом заказчику.

Из этого следует, что в процессе реализации проекта возникает необходимость корректировки проектной документации, в том числе подвергаются изменениям параметры, которые затрагивают технико-экономические показатели, изменение стоимости проекта согласно сводному сметному расчету, и это, в свою очередь, ведет к изменению сроков строительства.

Основными ошибками чаще остальных выявляются неверно проведенные инженерные изыскания [4-6], как следствие, ошибки формирования Стройгенплана, в некоторых случаях некорректно подобранное инженерное оборудование, недостаточно проработанные решения по укреплению земляного основания, замещения грунта, отсутствие мероприятий по отводу загрязненных вод и т.д.

Проведя анализ данных проектной документации, напрашивается вывод о необходимости дополнительного контроля за деятельностью подрядных организаций со стороны заказчика с целью мониторинга реализации проекта.

В части проверки и мониторинга за подрядными организациями используется график производства работ и график поставки материалов на объект. Однако, данные документы подготовлены на весь период строительства и при долгосрочной реализации проекта со стороны заказчика отследить и предупредить конечные последствия не представляется возможным. Данные инструменты эффективны лишь при реализации проекта в случае отсутствия отклонений от проектной документации.

При использовании эффективной проектной документации повторного использования на первый взгляд может показаться, что ошибки проектирования практически исключены, но даже в таком случае встречаются проекты, требующие изменений. В данной ситуации является целесообразным проводить анализ проектной документации на ранней стадии, а также для минимизации проблемных вопросов заказчику необходимо заранее связаться с эксплуатирующей организацией ранее реализованного типового проекта и рассмотреть все текущие сложности, если такие имеются. Это позволит предупредить проблему и решить ее до начала строительно-монтажных работ.

Существующий порядок оформления исходно-разрешительной и проектной документации с каждым годом оптимизируется, разрешаются бюрократические вопросы, которые сокращают и упрощают процесс реализации проектов. Однако, в системе оценки качества проектной документации на начальной стадии существуют явные «пробелы», требующие дополнительного исследования этой области, что в дальнейшем будет способствовать оптимизации процесса строительства в установленные сроки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Градостроительный Кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 25.12.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.02.2024).
2. СП 48.13330.2019 СНиП 12-01-2004 Организация строительства. пп. 5.4-5.8.
3. Федеральный закон от 01.12.2007 №315-ФЗ (рез. От 02.07.2021) О саморегулируемых организациях.
4. *Дорф В.А.* Байесовский подход к определению прочности бетона с учетом априорной // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 3. – С. 68-73.
5. *Ермаков В.А.* Контроль напряженно--деформированного состояния внутри железобетонных конструкций // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2019. – № 1(1013). – С. 62-64.
6. *Иванов С.И., Смотров В.А.* Опыт лабораторных испытаний анкерного крепления в бетоне // Технологии бетонов. 2016 № 5-6.

ИСПЫТАНИЕ КЛЕЕВОГО АНКЕРА НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ

Эпоксидные клеевые анкеры обеспечивают надежное крепление к бетону, идеальны для строительства и машиностроения за счет высокой прочности и устойчивости к влаге, химикатам. Эти анкеры не требуют обслуживания и гарантируют долговечность соединения [1, 2].

Ползучесть представляет собой одну из ключевых механических характеристик материалов. У полимеров ползучесть проявляется в свойстве материала неупруго деформироваться и постепенно терять прочность под воздействием продолжительной нагрузки [3].

Целью данной работы являлось определение свойств клеевого анкера при длительном действии нагрузки в различных условиях эксплуатации. При проведении испытания в качестве основы был использован нормативный документ.

В рамках работы были проведены испытания клеевых анкеров UTECH HITRE 500 на основе эпоксидной смолы с использованием шпилек диаметром 12 мм класса прочности 12.9 (класс прочности определялся по результатам испытаний):

- на вырыв из образцов бетона без трещин с препятствием образованию конуса в температурах $+23^{\circ}\text{C}$ и $+42^{\circ}\text{C}$;

- на вырыв после длительной выдержки под нагрузкой из образцов бетона без трещин с препятствием образованию конуса в температурах $+23^{\circ}\text{C}$ и $+42^{\circ}\text{C}$.

На рисунке 1 а) показаны клеевые анкеры под воздействием длительной нагрузки в климатической камере. На рисунке 1 б) приведен характер разрушения всех образцов – по границе клеевой состав-бетонное основание.



Рис. 1. Испытание анкеров: а) установка клеевых анкеров на длительные нагрузки; б) характер разрушения

Нагрузка для долговременных испытаний определяется на основе испытаний образцов на вырыв. Расчет долговременной нагрузки включает два коэффициента надежности: $\gamma_{bt}=1,5$ для бетона при растяжении и $\gamma_{Np}=1,2$ для условий работы анкера. Это расчетное значение представляет собой максимальную нагрузку, которую может выдержать одиночное анкерное соединение при заданной глубине анкеровки h_{ef} .

На рисунке 2 представлена зависимость перемещений от времени при выдержке под длительной нагрузкой при температуре $+23^{\circ}\text{C}$.

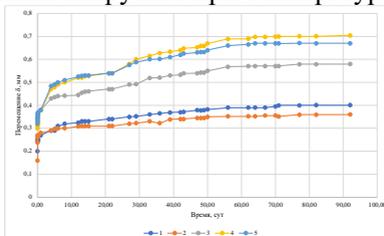


Рис. 2. График перемещений при температуре $+23^{\circ}\text{C}$

Функция $\delta_{N,t} = \delta_0 + at^b$ используется для аппроксимации зависимости перемещений от времени, полученной в результате проведения испытания на длительные нагрузки. Для упрощения этой функции применяются двойные логарифмические преобразования, что приводит к линейной зависимости (Рис. 3) [4]. Полученные коэффициенты регрессии для линейной зависимости используют для определения значение перемещения анкера после эксплуатации в течение срока службы: 50 лет при температуре эксплуатации $+23^{\circ}\text{C}$ или 10 лет при температуре эксплуатации $+42^{\circ}\text{C}$ (таблица 1). В случае если значение перемещений, экстраполированное на срок службы анкера, превышает значение перемещений при предельной нагрузке в контрольных испытаниях на вырыв, то необходимо снижать нагрузку до тех пор, пока перемещения анкера, не будут удовлетворять условию перемещений. В последующих расчетах несущей способности анкера, необходимо вводить понижающий коэффициент, полученный экспериментально [5].

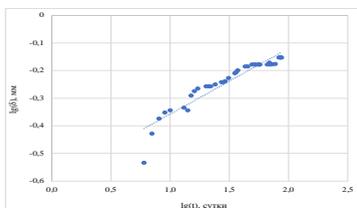


Рис. 3. График аппроксимации перемещений в двойных логарифмических координатах

Испытания проводились в Лаборатории натурных испытаний Научно-исследовательского института экспериментальной механики НИУ МГСУ. Результаты испытаний приведены в таблице 1. Обозначения в таблице : t – температура испытания; τ_n - нормативное сцепление по результатам статических испытаний; δ_{ult} – перемещение при максимальной нагрузке по результатам статических испытаний; N_{sust} – нагрузка на длительных испытаниях; δ_{Nt} – перемещения, экстраполированные на срок службы; $\tau_{n,l}$ – нормативное сцепление после воздействия длительных нагрузок.

Таблица 1

Результаты испытаний					
$t, ^\circ\text{C}$	$\tau_n, \text{МПа}$	$\delta_{ult}, \text{мм}$	$N_{sust}, \text{кН}$	$\delta_{Nt}, \text{мм}$	$\tau_{n,l}, \text{МПа}$
+23 $^\circ\text{C}$	30,58	1,79	37,00	0,70	35,12
+42 $^\circ\text{C}$	21,50	1,50	26,93	1,38	22,73

С повышением температуры с +23 $^\circ\text{C}$ до +42 $^\circ\text{C}$, несущая способность и предельная деформация клеевого состава понижается на 29,6% и на 16,2% соответственно, однако при расчете перемещений на срок службы предельная деформация при повышенной температуре возрастает. Подробное рассмотрение ползучести, как важного механического свойства клеевого анкера, показывает необходимость учета этого явления при длительной эксплуатации конструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Siatak Epackachi, Omid Esmaili, Seyed Rasoul Mirghaderi, Ali Asghar Taheri Behbahani*, Behavior of adhesive bonded anchors under tension and shear loads // Journal of Constructional Steel Research, 2015, 269-280
2. *Douglas D. Droesch*, Bonded Anchors in Concrete Under Sustained Loading // Masters Theses, University of Massachusetts – Amherst, 2015.
3. *Гольденблат И.И., Николаенко Н.А.* Теория ползучести строительных материалов и ее приложения. // Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, Москва 1960.
4. *Данилов А.М., Гарькина И.А.* Интерполяция, аппроксимация, оптимизация: анализ и синтез сложных систем: моногр. // ПГУАС, Пенза 2014.
5. *Иванов С.И., Смотров В.А.* Опыт лабораторных испытаний анкерного крепления в бетоне // Технологии бетонов. 2016 № 5-6.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОСЛЕ ОГНЕВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Пожары относятся к тем видам техногенных происшествий, которые зачастую помимо локальных повреждений элементов конструкций сопровождаются комплексным влиянием на общее техническое состояние и безопасность всего сооружения.

Вопросы обследования и восстановления поврежденных тепловым воздействием конструкций, несмотря на высокую проработанность в течение многолетнего опыта изучения, все еще сопровождаются рядом существенных осложнений так или иначе возникающих при устранении последствий конкретной аварийной ситуации. Так на успешность и качество проведения обследования здания после пожара оказывает влияние обширный ряд факторов и информации, которая должна быть представлена специалисту, проводящему обследование заблаговременно до начала работ. Необходимость этого обоснована тем, что для общего многообразия конструктивных схем и материалов тепловое воздействие проявляется по-разному. Специалист должен обладать исчерпывающей информацией об объекте обследования, примененных при строительстве материалах, конструктивной схеме и техническом состоянии сооружения до аварии. Эти сведения можно почерпнуть из имеющейся проектной и иной документации, актов технического обследования здания, а необходимую информацию о характере пожара, его продолжительности, причине возникновения, месте расположения очага возгорания, скорости его распространения и предельных возникших температурах необходимо оперативно собрать из показаний свидетелей, актов составленных службой пожарной охраны и определить визуальными и инструментальными методами по косвенным признакам.

К косвенным признакам, по которым можно получить представление о характере пожара относятся следы огневого воздействия, оставшиеся на конструкциях. К таким следам относятся: трещины, окалины, обугливание, изменение цвета и структуры материала, деформация, крены и прогибы. Задачей специалиста является сбор и



Рис. 1. Здание после пожара

структурирование информации об общем влиянии огневого воздействия на все конструктивные элементы сооружения, и на основании собранных сведений дать достоверную оценку общего технического состояния, безопасности и возможности наступлений предельных состояний. На основании заключения технического специалиста можно приступить к подбору и расчету способов восстановления конструкции, которые напрямую зависят от характера выявленных повреждений и особенностей конкретного сооружения.

Одним из самых широко используемых в мире строительных материалов является железобетон, таким образом, актуальность изучения возможностей и способов его восстановления и усиления после огневого воздействия является крайне высокой. Несмотря на то, что сам по себе железобетон является крайне огнеупорным материалом с низкой теплопроводностью, визуальное и инструментальное его обследование после пожара является одной из самых трудоемких и сложных задач. Это связано с тем, что он состоит из двух материалов, бетона и арматуры, работающих в конструкции совершенно по разному и по разному реагирующих на тепловое воздействие, помимо этого специалисту необходимо учитывать марку и класс примененных в конструкции сталей и бетонов, которые также по разному реагируют на огневое воздействие, в зависимости от температур и наличия непосредственного воздействия огня. Если большинство дефектов бетона проявляется в трещинах, изменении цвета и могут быть выявлены визуально, а фактическая прочность бетона определена инструментально, то характер повреждения скрытой арматуры, потерю ее прочностных свойств необходимо определять по характеру трещин и деформаций конструкции, а также множественными вскрытиями и испытаниями оголенных участков арматуры. По результатам технического обследования дается соответствующая оценка возможности использования или же способы усиления, замены конструкции.

Выбор методов усиления всегда основывается на общем характере и степени повреждения, вида конструкции. Основными способами восстановлений железобетонной конструкции, в зависимости от степени ее повреждения являются: для слабой – восстановление защитного слоя бетона, заделка трещин ремонтными составами. Для средней – инъектирование ремонтного состава в глубокие дефекты, незначительное усиление. Для сильной – созданий различных видов усиливающих обойм и устройство дополнительного армирования.

Если относительно способов устранения поверхностных дефектов особых сложностей не возникает – традиционно такие дефекты устраняются в ручную с применением ремонтных составов, или же для больших объемов повреждений с применением сухого или мокрого

торкретирования, то для устройства усиливающей обоймы существует широкая вариативность в выборе подхода.

Глобально усиливающие обоймы делятся на две группы: незначительно усиливающие, поврежденную конструкцию или же почти полностью исключают ее из работы. Первая группа в основном основывается на применении, армирующих и полимерных сеток, обвязки конструкции дополнительным армированием и бетонированием, включающимся в общую конструктивную схему элемента. Работают такие обоймы за счет увеличения сечений железобетонных элементов, потеря арматурой прочностных свойств замещается распределением нагрузки на дополнительное армирование. Однако, если повреждения конструкции очень многозначительны, и невозможно достоверно прогнозировать ее дальнейшую работу, целесообразно исключать ее из конструктивной схемы, перераспределив нагрузку на обойму. Такие обоймы, как правило устраиваются из прокатных стальных элементов и обеспечивают возможность дальнейшего использования конструктивного элемента без его демонтажа и замены.

Возможность усиления конструкций после пожара, исключающая необходимость их демонтажа оказывает значительное экономическое влияние на строительную отрасль, однако требуют от инженеров проводящих обследование и расчеты комплексного и ответственного подхода к выбору применяемых технологий и методов, а также непрерывного мониторинга развития традиционных и появления новых инновационных методов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Добромыслов А.Н.* Дефекты в конструкциях при строительстве / Научное издание, 2009. - 192 с.
2. *Волков А.С., Дмитренко Е.А., Корсун А.В.* Влияние дефектов строительства на несущую способность железобетонных конструкций монолитного каркасного здания 2015. №2 (29). 56 с.
3. *Гроздов В. Т.* Дефекты строительных конструкций и их последствия - Спб., 2005.- 136 с.
4. Альбом технических решений по усилению железобетонных конструкций системой внешнего армирования/ Москва 2017г.
5. *Гучкин И.С.* Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций: Учебное пособие. - М: 2001. - 176 с.
6. *Дорф В.А.* Байесовский подход к определению прочности бетона с учетом априорной // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 3. – С. 68-73.

Студент 4 курса 14 группы ИПГС Макачук М.Р.

Студент 4 курса 14 группы ИПГС Альдру М.

Научный руководитель – доц. каф. ИС, канд. экон. наук Дорошин И.Н.

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСЬИВА КОНСТРУКЦИЙ ИЗ МНОГОСЛОЙНЫХ КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ПАНЕЛЕЙ

Мировое сообщество все чаще говорит о вызовах, связанных с изменением климата, которые стоят перед человечеством. Индустрия строительства особенно плотно контактирует с окружающей средой.

Материалы, используемые в строительстве могут наносить урон экологии, как на этапе производства, так и в последствие утилизации. Уже в середине 90-х Российской Федерации объем строительных отходов превысил 1,5 млн. м².

С тех пор темпы строительства неуклонно росли, поэтому в будущем эта проблема станет еще острее [1, 2].

Тематика, связанная с проектированием жилых зданий из CLT-панелей является достаточно актуальной для нас по причине того, что Россия, имея обширнейшие территории, относящиеся к землям Лесного Фонда, обладает огромным потенциалом в сфере лесозаготовки и деревообработки. Это дает Российскому строительному комплексу значительные конкурентные преимущества перед европейскими застройщиками, которые в прочем уже осознали актуальность деревянного многоэтажного строительства и активно внедряют эту технологию, несмотря на дороговизну сырья в их регионе. Первым зданием, полностью выполненным из CLT-панелей стал 9-этажный дом Stadthaus в Лондоне. Несущая конструкция была возведена менее, чем за месяц всего четырьмя строителями, а на все работы, включая внутреннюю отделку понадобилось около года — как минимум в полтора раза меньше, чем на железобетонное здание такой же площади и высотности [3].

В сущности своей CLT-панель призвана в первую очередь заменить собой железобетон. Перекрестно клееная панель имеет схожие характеристики прочности, но при этом значительно легче своего



Рис. 1. CLT-панели

конкурента. Ну а главное неоспоримое преимущество дерева – его возобновляемость [4, 5].

Достоинства CLT-панелей:

- экологичность;
- прочность;
- доступность;
- отсутствие усадки;
- высокая пожаростойкость;
- сейсмоустойчивость;
- низкая теплопроводность;
- высокое шумопоглощение;
- широкие возможности выразительности в концепции, стиля и архитектуры.

Недостатки CLT-панелей:

- высокая стоимость в сравнении с другими строительными материалами;
- новая технология, из-за чего накоплено не так много компетенций и сопутствующих типовых решений;
- необходимость в дополнительном утеплении конструкции в условиях холодного климата (касается и всех конкурирующих материалов);
- гниение при постоянном контакте с влагой;
- растрескивание внешнего слоя под воздействием солнечных лучей и прохладу в жаркое время; [4]

Производство CLT-панелей уже началось в России. Панели проверяли на огнестойкость в пожарной лаборатории МЧС России. Было установлено: даже горя в печи при температуре 1000 °С, они держатся более 90 минут и не разрушаются, а их конструктивные характеристики не меняются.

В ходе различных испытаний CLT-панелям были назначены следующие технические характеристики:

Класс – прочности древесины С24 по ГОСТ 33080-2014

Вес – 470-500 кг/м²

Горючесть – Г4

Скорость обугливания – 0,8 мм/мин

Ламели полученные роспуском ели камерной сушки, сращенные между собой, перекрстно укладываются и соединяются полиуретановым клеевым раствором, не содержащим формальдегида и одобренным для использования в помещениях и на открытом воздухе. Поверхность изделия шлифуется и имеет индустриальное или визуальное поверхностное качество в зависимости от сорта сырья. [1-2]

Готовые панели доставляются на место стройки и оперативно собираются на заранее подготовленном основании. Наиболее часто используется ленточный фундамент, однако в ряде случаев благодаря небольшому весу допустимо использование винтовых свай. CLT-панель крепится к основанию при помощи анкера или болта. Слой минерального утеплителя и наружная отделка фасада обычно выносятся за координационную ось и примыкают к панели непосредственно, а через герметизирующий профиль. Между собой стеновые панели соединяются при помощи оцинкованных уголков, закрепленных гвоздями [1].

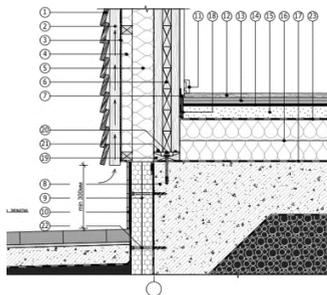


Рис. 2. Пример примыкания CLT-панели к бетонному основанию

Не смотря на большой потенциал CLT-панелей, новый материал все еще нуждается в исследованиях основанных на опыте долговременной эксплуатации и последующим сносом или реконструкции зданий с его использованием. Также предметом изучения и разработки могут стать типовые решения и способы применения панелей в сочетании с другими материалами под самые разные режимы и условия эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жулидова М.А., Чубарук В.А., Циулин Е.Ю. Каталог типовых архитектурных узлов и деталей с применением перекрестно-клееной древесины (CLT)
2. Дворцова А.С., Ушаков А.Ю. Перспектива применения CLT-панелей в многоэтажном строительстве // Строительство: наука и образование. 2023. Т. 13. Вып. 4. Ст. 5. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2023.4.53.
3. Van De Kuilen J.W.G., Ceccotti A., Xia Z., He M. Very tall wooden buildings with cross laminated timber // Procedia Engineering. 2011. Vol. 14. Pp. 1621–1628. DOI:10.1016/j.proeng.2011.07.204
4. Косов И.И. Деревянные панели CLT в строительстве общественных зданий // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. 2019. № 2–1. С. 19. EDN XYVEOK.
5. Бубис А.А., Гизятуллин И.Р., Хворова А.Н., Петров И.Ю. Особенности поведения древесины перекрестно-клееной (ДПК/CLT) при статических и динамических нагрузках, моделирующих сейсмические воздействия // Сейсмостойкое строительство.

ОБСЛЕДОВАНИЕ «ДОМА КУЛЬТУРЫ РАБОТНИКОВ СВЯЗИ (БЫВШАЯ НЕМЕЦКАЯ РЕФОРМАТОРСКАЯ ЦЕРКОВЬ) В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ»

Обследование зданий и сооружений проводится для получения объективных данных о состоянии строительных конструкций с учетом изменений во времени.

Основной целью исследования служит определение технического состояния памятника, выявление дефектов и подбор метода их устранения [1]. В данной работе рассматривается «Дворец культуры работников связи» располагается в центре Санкт-Петербурга, по адресу Большая Морская улица, дом 58.

Здание кирпичи была заложено в сентябре 1862 года [2]. Руководил строительством архитектор Давид Гримм. Фасады были выполнены кирпичной кладкой высокого качества и оставлены неоштукатуренными.

26 декабря 1872 года в кирхе случился сильный пожар. Проект восстановления возглавил архитектор К. К. Рахау, работы заняли два года. Во время ремонта были заменены все внутренние перекрытия церкви, а потолки и колокольня подняты на более высокий уровень.

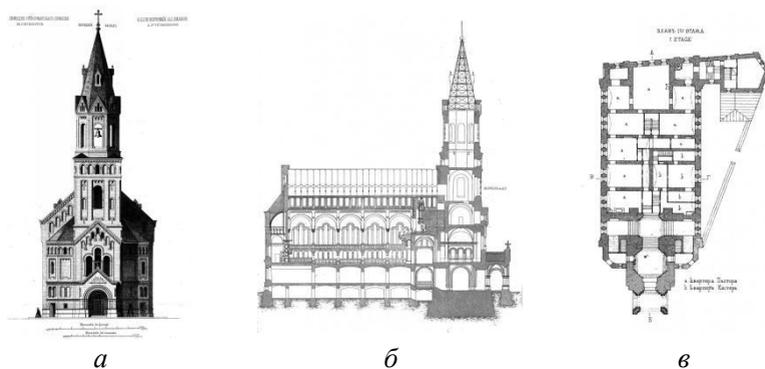


Рис. 1. Исторические чертежи 1875 года:

- а) Главный фасад,
- б) Продольный разрез,
- в) План 1-го этажа

В 1930-е годы здание было полностью перестроено в стиле конструктивизма для Дома культуры архитекторами П. М. Гринбергом и

Г. С. Райцем. Далее в 1940 году фасады здания были декорированы балконами [3].

С 1973 года использовалось как дом культуры, в котором были открытые секции и организовывались мероприятия.

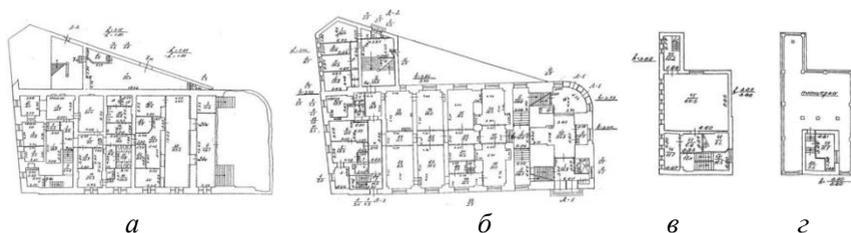


Рис. 2. Чертежи планов БТИ актуальные на сегодняшний день:

- а) План подвального этажа,
- б) План 1-го этажа,
- в) План 8-го этажа
- г) План технического этажа.

На сегодняшний день в здании размещены Управление федеральной почтовой связи и Региональный Учебный Центр, но двери их закрыты с начала 2000 года. Памятнику присвоена категория историко-культурного значения объекта как выявленный объект культурного наследия. Проведены обследования конструкций здания и начаты работы по ремонту.

В результате визуального обследования установлены следующие повреждения:



а



б

Рис. 3. Фотофиксация дефектов

- а) Фото западного фасада,
- б) Фото состояния кровельного покрытия,

В конструкции фундаментов и основания здания обнаружена неравномерная осадка фундамента, вертикальные трещины, выщелачивание солей из цементного раствора. В конструкции стен здания обнаружены вертикальные трещины предположительно из-за

неравномерных перегрузок. В конструкции отмостки обнаружено образование поверхностных и глубоких трещин. Конструкции покрытия кровли подвержены коррозии панелей из оцинкованной стали.

Далее был произведен расчет прочности, который проводится по 1 группе предельных состояний [4]. Относительная нагрузка на основание составляет: 31000 кг/м. При расчете деформаций основания фундаментов с использованием расчетных схем, среднее давление под подошвой фундамента p не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания R . Данное условие не выполнено. Напряжение под подошвой выше расчетного. Требуется усиление фундамента.

В ходе работы рассмотрены существующие методы усиления фундаментов: укрепление кладки фундаментов, уширение подошвы фундамента, устройство промежуточных опор, устройство под зданием фундаментной плиты, заглубление фундаментов, применение свай. [5]

Для данного объекта был предложен способ усиление фундамента корневидными буро-инъекционными сваями, т.к. этот способ применяется при значительном увеличении нагрузок и большой толщине слабых грунтов в основании, а также при невозможности частичной разборки существующих фундаментов и в стесненных условиях строительства.

Подводя итог, можно отметить, что выявление и устранение дефектов важно, чтобы избежать серьезных нарушений, материальных потерь и риска безопасности человека.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Климов А.В.* Основы инженерно-технического обследования зданий и сооружений. Москва, Издательство "Архитектура-С", 20182.
2. *Шмидт, Е.А.* Немецкая реформаторская церковь в России: история и современность. Вестник Санкт-Петербургской духовной академии, 2012, № 2
3. *Левашко С. С.* Архитектурное наследие Русского зарубежья, Санкт-Петербург, издательство "Дмитрий Буланин", 2008, С. 329 - 349.
4. *Смирнов Н.Н., Кузнецов Д.А.* "Методика расчета прочности фундамента по 1 группе предельных состояний" // Журнал "Гражданское строительство", 2018, том 15, № 3, с. 78-85
5. *Цветков А.И., Мельников О.М., Ковалев В.А.* Усиление бетонных и железобетонных конструкций и фундаментов. Москва: Издательство «Стройиздат», 1982. (стр. 124-142)

Студентка 4 курса 4 группы ИПГС Петрова А.С.

Студентка 4 курса 4 группы ИПГС Скитихина А.А.

Научный руководитель – проф. каф. ИС д.т.н., проф. А.В. Коргин

ОБЗОР МЕТОДИК РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

В современных строительных проектах повсеместно используются железобетонные конструкции, обеспечивающие надежность и долговечность зданий и сооружений. Они являются основным типом несущих конструкций для промышленного, гражданского и транспортного строительства, их востребованность требует постоянного совершенствования методов расчета и проектирования. Это важно для оптимизации материалоемкости и энергозатрат, а также для обеспечения эффективности и экономической целесообразности строительства.

Основной тенденцией выбора конструктивного решения зданий и сооружений различного назначения за последние годы стало активное использование железобетонных монолитных конструкций. Это обусловлено удобством проведения бетонных работ непосредственно на строительной площадке, что в свою очередь приводит к улучшению технических и экономических показателей проекта. К тому же, широкое использование современного программного обеспечения в значительной степени помогает решить проблемы расчета и проектирования таких конструктивных систем [1].

Расчет плит обычно выполняется с использованием систем конечно-элементного анализа и специализированного программного обеспечения, которое позволяет максимально точно учесть их трехмерную работу в структуре здания, влияние жесткости фундамента, этапы строительства, различные сочетания нагрузок и воздействий, а также возможные варианты загрузки [2].

Одним из основных типов конструктивных узлов каркаса монолитного железобетонного сооружения является зона сопряжения вертикальной колонны каркаса с участком горизонтального перекрытия, через который она проходит. При этом соответствующий участок перекрытия работает на продавливание, что требует проведения специализированного расчета.

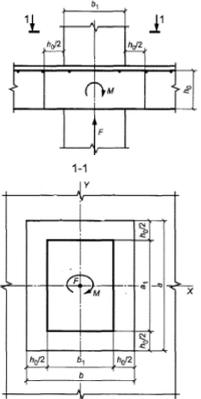
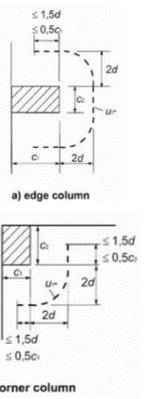
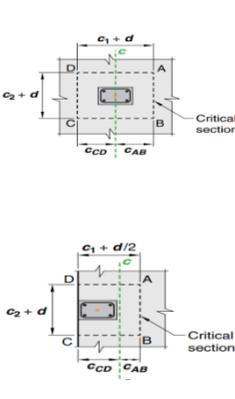
При расчете на продавливание железобетонных плит учитываются два основных вида нагрузки – сосредоточенная сила и изгибающий момент. В процессе расчета продавливания, согласно СП 63.13330.2018 «Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения», рассматривается расчетное поперечное сечение, расположенное на расстоянии $h_0/2$ по периметру области передачи

усилий на элемент, перпендикулярно его продольной оси. На поверхности этого сечения действуют касательные нагрузки от сосредоточенной силы и изгибающего момента [3-4].

Согласно европейским (EN 1992-1-1-2009) и американским (ACI 318R-14) нормам расчет плит на продавливание включает в себя различное количество расчетных параметров по сравнению с отечественными нормами проектирования, в частности, коэффициенты, учитывающие отношение сторон сечения колонны [5-6]. Сравнение основных положений расчета представлено в табл.1.

Таблица 1

Сравнение основных положений расчета железобетонных плит на продавливание

СП 63.13330.2018	EN 1992-1-1-2009	ACI 318R-14
$\frac{F}{F_{b,ult}} + \frac{M}{M_{b,ult}} \leq 1$ <p>F - сосредоточенная сила от внешней нагрузки; M - изгибающий момент от внешней нагрузки; $F_{b,ult}$ и $M_{b,ult}$ - предельные сосредоточенная сила и изгибающий момент. При вычислении $F_{b,ult}$ используют u – периметр контура расчетного поперечного сечения.</p>	$V_{Ed} < V_{rd,c}$ <p>V_{Ed} - максимальное значение касательных напряжений; $V_{rd,c}$ - расчетное значение сопротивления на расчетном контуре продавливания. При вычислении V_{Ed} используют не только периметр расчетного контура продавливания, но и коэффициент k, зависящий от соотношения сторон колонны c_1 и c_2.</p>	$\phi V_n \geq V_u$ <p>V_n - нормативное значение прочности на продавливание; V_u - фактическое значение нагрузки; ϕ - коэффициент снижения прочности. При вычислении V_u учитывается доля момента, определяемая коэффициентом: $\gamma = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}}$</p>
	 <p>a) edge column</p> <p>b) corner column</p>	 <p>Critical section</p> <p>Critical section</p>

В отечественных нормах учитывается меньшее количество расчетных параметров проектирования, например, учитывающих отношение сторон сечения колонны. В СП 52-103-2007 «Железобетонные монолитные конструкции зданий», в п.5.7, указывается, что колонны с соотношением сторон меньше 1/4 следует относить к стенам [7]. В связи с этим, расчет на продавливание производят по двум методикам: торцевые участки рассчитывают на основе методики продавливания плит возле торцов стен, а длинные стороны рассчитывают по наклонным сечениям. Однако меньшее количество параметров, учитываемых в расчете, не влияет на качество самого расчета, а только увеличивает запас прочности узла.

Зарубежные методики, при необходимости, позволяют в отдельных случаях получить меньшее количество арматуры без опасности снижения прочности узла, при этом требуется тщательное соблюдение прочностных свойств бетона, применяемого в соединении. По этой причине методики, предлагаемые зарубежными стандартами, в ряде случаев могут быть рекомендованы при выполнении соответствующих расчетов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Филатов В.Б., Галяутдинов З.Ш., Коваленко М.В.* Экспериментальное исследование работы железобетонной плиты перекрытия при продавливании колонной // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 6(66). – С. 24.
2. *Болгов А.Н., Иванов С.И., Кузеванов Д.В., Сокуров А.З.* О расчете несущей способности плоских железобетонных плит перекрытий // Вестник НИЦ Строительство. – 2017. – № 4(15). – С. 37-48.
3. *Юрченко Г.Ю.* Сравнительный анализ нормативных методик расчёта прочности плоских железобетонных плит на внецентренное продавливание // Ресурсосбережение и экология: агропромышленный комплекс, проектирование и строительство: сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 24 ноября 2023 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2023. – С. 436-440.
4. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. М.,2012. 162 с.
5. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318R-14) and Commentary (ACI 318R-05). Farmington Hills. USA. 2005. 430 p.
6. Eurocode 2. Design of Concrete Structures. Part 1. General Rules and Rules for Buildings: EN (1992-1-1-2009).
7. СП 52-103-2007. Железобетонные монолитные конструкции зданий. Основные положения. М.,2007. 16с.

Студент 3 курса 41 группы ИИЭСМ Родионов Д.Н.

Научные руководители:

доцент, канд. техн. наук, А.Н. Шувалов

доцент, канд. техн. наук, доц. В.А. Ермаков

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Правила выполнения, геометрические характеристики и методики расчета сварных соединений регламентируются ГОСТ 5264-80 и СП 16.13330.2017. Проведение сварочных работ достаточно проработано, однако, опыт обследования показывает наличие разнообразных дефектов сварных соединений строительных конструкций. Что может быть связано с нарушениями технологии, низким качеством расходных материалов, квалификацией сварщика и др.

Одним из дефектов является отклонение геометрических размеров сварных швов от нормативных значений, что приводит к увеличению напряжений, вследствие концентрации.

Расчёт сварного стыкового шва в соответствии с СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции» осуществляется по формуле:

$$\frac{N}{tl_w R_{wy} \gamma_c} \leq 1 \quad (1)$$

где N – осевая сила; t – наименьшая из толщин соединяемых элементов; l_w – расчётная длина сварного шва; R_{wy} – расчётное сопротивление; γ_c – коэффициент условия работы.

Анализ формулы показывает, что коэффициент концентрации напряжений не учитывается в расчете. При этом в СП 16.13330.2017 указано, что при проектировании сварных соединений следует снижать негативное влияние концентраторов напряжений, предусматривая отсутствие резких перепадов сечения.

Таким образом, становится актуальной численная оценка величин концентраторов напряжений стыковых сварных соединений.

Для решения поставленной цели были проведены расчеты моделей сварных соединений в ПК Лири САПР. Модель сварного стыкового соединения (рис. 1а) создана из объемных конечных элементов размером до 0,2 мм. В центральной части параллелепипеда расположено возвышение, имитирующее сварной шов, базовые размеры которого в соответствии с Руководством по аргонодуговой сварке соединений элементов алюминиевых строительных конструкций 1984 г. составляют: $b = 14$ мм, $g = 2$ мм, $s = 2$ мм (рис. 1б).

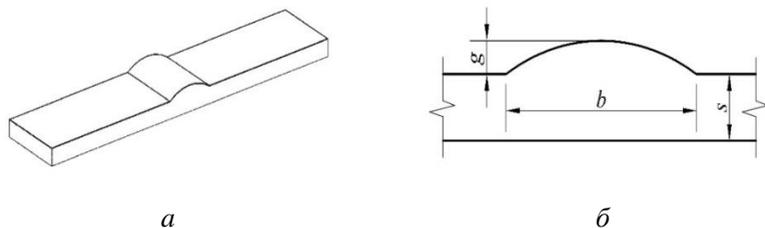


Рис. 1. Модель стыкового сварного соединения:

- а) Общий вид пространственной модели,
 б) Детализация зоны сварного шва с указанием параметров по ГОСТ

На рис. 2 представлен характер распределения напряжений в зоне перехода от сварного шва к основному металлу модели с базовыми размерами.

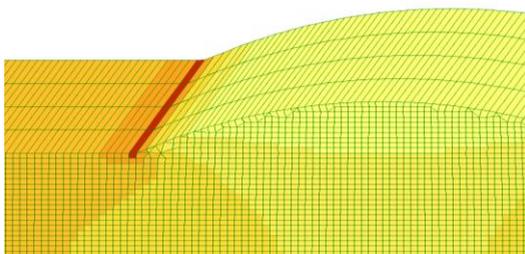


Рис 2. Мозаика продольных напряжений в зоне перехода от сварного шва к основному металлу

Анализ данного распределения показывает наличие зоны, в которой напряжения превышают номинальные напряжения модель, то есть напряжения в зонах, удаленных от сварного шва. Наличие концентрации напряжений в сварных швах подтверждается опытом эксплуатации (зоны зарождения усталостных трещин), а также результатами исследований [1, 2].

Для оценки изменения коэффициента концентрации напряжений выполнены расчеты моделей с высотой шва $g = 1 \div 4$ мм с шагом 0,5 мм. В результате получен соответствующий график (рис. 3). Данный подход к оценке результатов исследований по исследуемой тематике использован в работах [3-5].

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Методика расчета СП 16.13330.2017 напрямую не учитывает влияние концентрации напряжений, при этом, выполнять швы следует с минимальными изменениями геометрии (плавными переходами), что на практике не всегда реализуется.

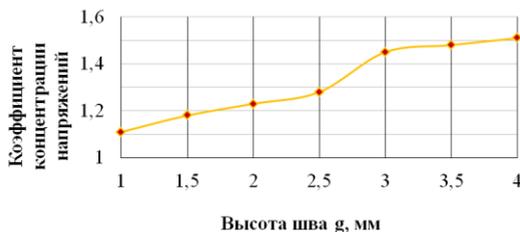


Рис. 3. График зависимости коэффициента концентрации напряжений от высоты шва g

2. Максимальные значения напряжений получены в зоне перехода сварного шва к основному металлу.

3. При увеличении высоты шва g с 1 до 4 мм увеличивается и коэффициент концентрации напряжений до максимального значения 1.51.

4. Даже в швах, выполненных в соответствии с нормативными документами возникает концентрация напряжений равная 1,23, что может не проявиться при статическом нагружении за счет запасов по расчетному сопротивлению. Однако, при циклическом нагружении даже небольшая концентрация может привести к зарождению трещин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кожухарь Е.Д., Нгуен Л.З., Рубан А.Р.* Анализ концентрации напряжений от дефектов в сварном шве в сварных металлоконструкциях // 63-я международная научная конференция Астраханского государственного технического университета, посвященная 25-летию АГТУ. – 2019. С. 176.

2. *Молтасов А.В., Дымань М.М.* Концентрация напряжений в стыковых сварных соединениях, выполненных без применения подкладок для формирования корня шва // Сварочное производство. – 2021. № 8. С. 3-9.

3. *Кожухарь Е.Д., Рубан А.Р.* Влияния концентраций напряжений в сварном шве на долговечность сварных конструкций // Наука и практика - 2018: материалы Всероссийской междисциплинарной научная конференции. – 2018. С. 67.

4. *Кожухарь Е.Д., Рубан А.Р., Линь Н.З.* Анализ влияния концентраций напряжений в сварном шве на долговечность сварных конструкций // 62-я Международная научная конференция АГТУ: материалы конференции. – 2018. С. 194.

5. *Миронов А.А.* Модель определения эффективного коэффициента концентрации напряжений дефектов сварных швов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2012. № 1(94). С. 169-176.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ ОТВЕРСТИЯ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ АНКЕРА

Химический клеевой анкер – металлические шпильки, закрепляемые в отверстия основания с помощью специального строительного раствора [1]. В настоящее время анкеры нашли широкое применение для крепления строительных конструкций [2], например в фасадных системах. Однако большинство анкерных креплений работает в условиях гораздо более сложных, чем крепления фасадных систем [3]

Основными параметрами, определяющими эффективность клеевого состава в химическом анкера, является сцепление клеевого состава с бетоном и коэффициент условий работы, обе эти характеристики определяются в ходе лабораторных испытаний и учитываются при расчете и проектировании химического анкеров [4].

В рамках исследования было проведено три вида испытаний клеевого состава UTECH HIT RE500: определение силы сцепления в испытаниях с ограничением разрушения основания от выкалывания (R1); оценка надежности в сухом бетоне (B6) и в водонасыщенном бетоне (B7) при нарушении условий очистки. Для проведения экспериментов был произведен монтаж резьбовых шпилек диаметрами M12, M20 и M27 класса прочности 12.9 в бетонное основание класса по прочности на сжатие B25.

Методы испытаний и правила очистки регулируются ГОСТ Р 58387-2019 и инструкцией производителя анкеров.

Испытания на вырыв (рис. 1) проводятся по следующей методике:

- пробуривание отверстия необходимой глубины и диаметра с помощью перфоратора;
- подготовка и очистка отверстий. Стандартная процедура очистки – продувка отверстия от пыли, прочистка щеткой, дополнительная продувка. Нарушение условий очистки моделируется уменьшенным количеством операций по очистке;
- заполнение отверстий клеевым составом с помощью пистолета и специальной насадки-смесителя;
- выдержка клеевого состава в течение необходимого времени набора прочности в зависимости от инструкции производителя (для применяемого в исследовании анкера – 7 часов);
- проведение испытания на вырыв с ограничением конуса выкалывания бетона.

Испытания проводились в Лаборатории натуральных испытаний Научно-исследовательского института экспериментальной механики

НИУ МГСУ. Результаты испытаний приведены в табл. 1. В процессе испытаний проводятся измерения нагрузки и перемещения анкера. Характерные диаграммы зависимости перемещения от нагрузки представлены на рис. 2.



Рис. 1. Проведение испытания: а) образец до испытания, б) разрушение по контакту клеевого состава и бетона основания

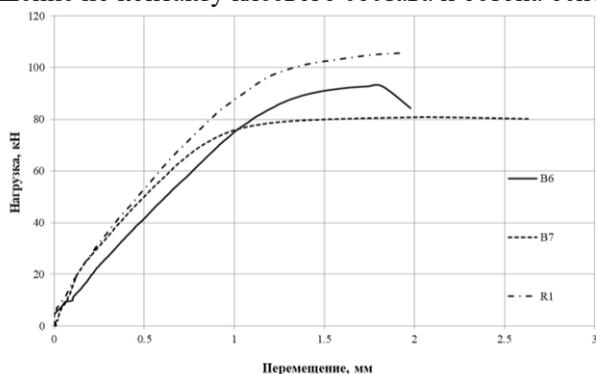


Рис. 2. Характерные диаграммы зависимости перемещения от нагрузки анкера для шпильки М12

Коэффициент вариации силы сопротивления в серии испытаний рассчитывается по формуле (1). Нормативное значение прочности сцепления анкера в серии испытаний рассчитывается по формуле (2).

$$v = \frac{1}{\tau_m} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tau_i - \tau_m)^2}{n-1}}, \quad (1)$$

$$\tau_n = \tau_m \left(1 - \frac{k \cdot v}{100}\right), \quad (2)$$

где v – коэффициент вариации значения силы сопротивления в серии испытаний; τ_i – нормативное значение прочности сцепления, i – номер испытания; τ_m – среднее значение прочности сцепления; n – количество испытаний в серии; k – коэффициент обеспеченности разрушающей нагрузки 0,95 при достоверности 90%, принимаемый $k = 3,4$.

Результаты испытаний

Испытание	Диаметры	τ_m , МПа	ν , %	τ_n , МПа	α
R1	M12	36,42	4,71	30,58	-
	M20	31,87	3,99	27,55	-
	M27	30,47	2,49	27,89	-
B6	M12	33,96	4,60	31,35	0,93
	M20	27,51	3,84	23,92	0,86
	M27	23,25	2,25	19,61	0,70
B7	M12	29,09	5,43	26,76	0,79
	M20	23,74	2,35	19,35	0,70
	M27	19,99	2,34	18,40	0,65

Снижение несущей способности для шпильки M12 составляет 6,7% при установке в сухое основание с нарушением условий очистки, 22% – в водонасыщенное основание с нарушением условий очистки. При увеличении диаметра шпильки до M27 снижение несущей способности возрастает и составляет 23,7% для сухого основания и 34% для водонасыщенного. На основании испытаний назначается коэффициент условий работы анкерного крепления, применяемый при проектировании. Несущая способность анкера связана не только с типом применяемого клеевого состава – поскольку разрушение анкера может происходить по разным механизмам [5], в частности, и от качества очистки отверстия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Воробьев В.Н.* Навесные фасадные системы. Рекомендации по проектированию и монтажу анкерных креплений. // Серия «Библиотека строителя вентфасадов». 2017. С. 5.
2. *Болгов А.Н., Иванов С.И., Кузеванов Д.В.* Развитие нормативной базы в области анкерных креплений в России. Аспекты импортозамещения // *Строительная орбита*. 2016. №4. С. 44-45.
3. *Иванов С.И., Смотров В.А.* Опыт лабораторных испытаний анкерного крепления в бетоне // *Технологии бетонов*. 2016 № 5-6. С.27-29.
4. *Губский А.Ю.* Определение влияния характеристик клеевого анкера на его расчетное сопротивление и оптимальную глубину анкеровки. // 2020. С. 2-3.
5. *Francisco Gonzales, Jaime Fernandez, Galit Agranati, Paula Villanueva* Influence of construction conditions on strength of post installed bonded anchors // *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 165. Pages 272-283.

ОБСЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОРПУСА «ПРОМЫШЛЕННО - УСАДЕБНОГО КОМПЛЕКСА ФОН ДЕРВИЗА»

Основной целью технического обследования конструкций зданий и сооружений является определение текущего технического состояния, выявление степени физического износа и выяснение эксплуатационных качеств конструкций.

Инженерно-техническое обследование проводилось по объекту «Производственный корпус» входящему в состав «Промышленно - усадебного комплекса фон Дервиза, 1890-1896 гг. (Конный завод -1830-1836 гг.)», расположенного в 60 км от Рязани в Рязанской области в одноимённом посёлке.

Старожилово впервые упоминается в платёжных книгах Каменского стана 1594-1597 годов. В 1860-е годы XIX века вблизи села прошли пути Рязанско-Козловской железной дороги. Тогда же село было куплено одним из крупных деятелей железнодорожного строительства Павлом Григорьевичем фон Дервиз. Он начал строительство нового комплекса усадьбы в 1867 году. Для работы были приглашены архитекторы Д.И. Grimm (автор зданий тренинг-конюшни) и В. Иванов (автор жилого дома, скотного двора и церкви)

«Производственный корпус» он же «Скотный двор» был построен в 1891-1893 годы. Большое одноэтажное здание, возведённое из кирпича с лицевой кладкой фасадов, имеет П - образный план. Композиция главного южного фасада симметрична с выступающим объёмом в центре и ризалитами по краям. Западный и восточный фасады боковых крыльев одинаковы. Обращённые во двор фасады оформлены намного скромнее. В боковых крыльях коридоры проходят по средней оси здания, а помещения располагаются по обеим сторонам от них. В среднем корпусе коридор проходит вдоль северного фасада, а помещения обращены на юг. В настоящее время планировка искажена многочисленными перегородками, появившимися в результате деления здания на коммунальные квартиры и контору.

Стены сложены из полнотелого керамического кирпича размером 265x120x70 на известково-песчаном растворе. Тип перевязки кладки – цепная. Толщина стен варьируется от 400 до 930 мм Поздние кирпичные колонны выполнены из силикатного кирпича с габаритами 510x510 и 640x640 мм. Поздние закладки выполнены с применением керамического и силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе. Конструкции пола по деревянным лагам, настил из досок. Покрытие пола позднее - керамическая плитка и линолеум, в центральном объёме

из каменных плит. Крыша, двускатная, деревянная с висячей стропильной системой. Лестница двухмаршевая по стальным косоурам с монолитными сводчатыми площадками и каменными ступенями.

На момент обследования здание находится в аварийном состоянии. В процессе работы были выявлены следующие повреждения:

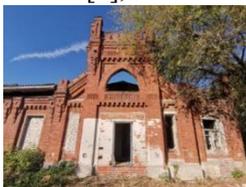
- по кладке стен: биопоражения, выветривание и разрушение участков кладки наружных стен в зоне цоколя из-за отсутствия отмостки, замачивание и промораживание открытых участков стен в местах утраты крыши, прорастание деревьев, вертикальные трещины на глубину кирпича над перемычками, разрушение перемычек

- по конструкциям пола: поражение деструктивной гнилью настила, завалы из мусора и строительных материалов, сколы керамической плитки и каменных плит центральной части, утраты настила

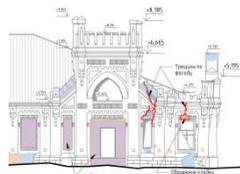
- по перекрытиям: биопоражения, трещины на поверхности свода, замачивание кладки сводов из-за утраты крыши, следы копоти, замачивание конструкций перекрытия в результате протечек кровли, поражение деструктивной гнилью балок и настила, прогибы балок, утрата вследствие пожаров.

- по крыше: утрата части крыши в следствии пожаров, утрата отдельных элементов кровли, отсутствие продухов, нарушение температурно-влажностного режима, намокание и поражение деструктивной гнилью конструкций крыши, разуплотнение узлов стропильной системы, отсутствие организованного водостока.

При реконструкции зданий со стенами из кирпичной кладки возникает необходимость восстановления её несущей способности. Существует большое разнообразие способов усиления [1], такие как: стальная обойма, железобетонная обойма армированная растворная обойма, инъектирование растворами, композитные материалы из углеродных волокон [4], сжатые сердечники, местная замена кладки.



а



б

Рис. 1. а) Фрагмент южного фасада. Фото 30.09.2023.

б) Обмерный чертёж с указанием выявленных дефектов

Рассмотрим метод усиления на примере одного из таких дефектов. Выбранный оконный проем - крайний правый на главном фасаде.

Раскрытие трещины и разрушение перемычки (Рис.1) привело к частичному обрушению кладки.

Для предотвращения дальнейшего раскрытия трещины и усиления простенка предлагается использовать комплексный подход, состоящий из композитных материалов и местной замены кладки. Метод углеродных волокон при работе с трещиной является современным и не требует введение массивных конструкций, а замена обрушенной кладки перемычки позволит сохранить внешний облик здания. Композитный материал плотно сцепляется с кладкой, образуя полноценный объем [5] после полного затвердевания, не бояться перепада температур и сырости, по этому хорошо работают на неотапливаем чердачном пространстве.

При выполнении обследования был произведён расчёт [3], который показал, что нагрузка на простенок с перемычкой составляет $N = 2\ 163$ кН. С учётом повреждения в виде трещины длиной 526 мм и частичного обрушения несущая способность по расчёту составила $N = 1643,52$ кН. Требуется усиление, которое будем производить углеродными однонаправленными лентами CarbonWrap® Tape 530/300 [2] и частичной заменой кладки. После расчёта на усиление волокнами были приняты габариты ленты шириной 300 мм и толщиной 0,294 мм, с поверхностной плотностью 530, шаг между лентами 100 мм. В результате усиления по формуле получим: $N = 2976,6$ кН. Условие выполнено, несущая способность обеспечена.

Таким образом в ходе проведённого обследования было определено текущее техническое состояние «Производственного корпуса», выяснены эксплуатационные качества конструкций и выделен ряд дефектов. В результате чего был подобран метод по укреплению участка простенка композитными материалами и местной замены кладки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бедов А.И., Габитов А.И.* Проектирование, восстановление и усиление каменных и армокаменных конструкций // 2006. - 568с.
2. *Акционерное общество «ЦНИИПромзданий».* СТО 38276489.002-2017 «Усиление каменных и армокаменных конструкций композитными материалами» Проектирование и технология производства работ // Москва 2017. - 140 с.
3. *ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко.* Рекомендации по усилению каменных конструкций зданий и сооружений // Москва, 1984 г. - 29 с.
4. *Гурбанов Н.А. Сидоров Д.Б. Исмаилова К.Х.* Композиционные материалы, общие свойства и области применения // Баку, 2021 г. - 3с.
5. *Бегунова Н.В. Возмищев В.Н.* Возможности армирования двухслойной наружной кирпичной кладки композитной сеткой // 2019 г. - 4с.

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЯ
ЛИЦЕЯ «ПЕТРОГРАДСКИЙ» В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ,
УЛ. СЫТНИНСКАЯ, Д. 7

Объектом обследования является здание профессионального лицея "Петроградский", расположенное по адресу: г. Санкт-Петербург, улица Сытнинская, дом 7.

Время постройки здания – 1938–1940г.г. На момент обследования здание отапливается и эксплуатируется. Объект относится к группе гражданских зданий. Назначение здания – учебное.



Рис.11 Общий вид здания

Здание 5-этажное, с чердаком и подвалом, в плане имеет Г-образную форму. Основные общие размеры объекта составляют: в продольном направлении – 66,25 м, в поперечном направлении – 27,75 м. Здание выполнено трехпролетным по жесткой конструктивной схеме. Основными несущими конструкциями являются продольные несущие стены, выполненные из глиняного полнотелого кирпича, а так же железобетонные колонны. Здание имеет два ядра жесткости с расположенными в них лестницами и лифтовыми узлами [1].

По конструктивной схеме здание с неполным каркасом. Несущие стены здания каменные.

Для определения конструкций и проведения поверочных расчетов были произведены замеры и вскрытие конструкций армирования колонн каркаса здания [2].

В ходе технического обследования выявлены следующие дефекты: вертикальные трещины в кирпичной кладке стен в уровне надоконной перемычки пятого этажа и чердака, горизонтальные трещины между перегородками и перекрытиями, связанные с усадкой конструктивных элементов деревянных конструкций и шлакобетона.

Выявлена просадка грунта ниже пола первого этажа участка здания и затопление подвала водами, проникающими с территории.

Для определения конструкций фундаментов здания, было выполнено обследование его основания и фундаментов:

- проходка и освидетельствование 9-и шурфов;

- зондирование грунтов.

При шурфовании обнаружен ленточный фундамент, выполненный из бутового камня на известковом растворе. Выявлены дефекты и повреждения, свидетельствующие о снижении несущей способности фундаментов.

Подробнее рассмотрим шурф №3, выкопанный на месте просадки фундамента (Рис.2.).

В ходе обследования было выполнено определение фактической прочности бетона с помощью прибора “Бетон-8УР” с датчиками, настроенными на частоту 60 кГц, с коническими насадками для точечного контроля. Выявленный класс бетона В25 [1].

Учитывая вид фундамента, а так же историческую значимость здания, выбрали способ усиления фундамента с помощью железобетонных обойм с двухсторонним уширением анкером.

Железобетонная обойма представляет собой полностью замкнутую конструкцию, охватывающую собой всю площадь фундамента, а не только поврежденной части [4]. Основная задача усиления фундамента посредством устройства железобетонной обоймы – более равномерное распределение нагрузки на подошвы вследствие некачественного выполнения строительных работ. Именно таким фактором вызывается обустройство металлических обойм без увеличения площади подошвы. В верхней ее части для дополнительного крепления к основанию устанавливают анкера [3].

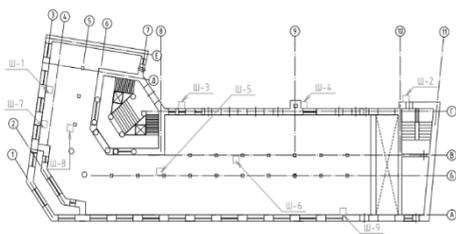


Рис.2 Схема расположения мест откопки шурфов

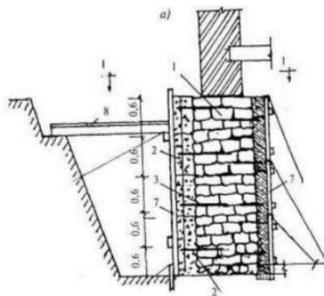


Рис.3 Усиление ленточных фундаментов монолитными обоймами, двустороннее уширение с анкером

При устройстве обойм для усиления фундамента следует учитывать состояние старого основания. Для увеличения качественного и прочного сцепления необходимо снять верхний слой бетона из усиливаемого

фундамента [5]. Таким образом, можно достичь монолитности существующего фундамента и железобетонной облоймы.

Для проверки выбранного способа усиления, был выполнен поверочный расчет фундамента после усиления конструкции, в результате которого давление по подошве не превышало расчетного сопротивления грунта.

Для уточнения состояния грунтов основания обследуемых фундаментов в соответствии со СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения, было выполнено динамическое зондирование основания фундаментов здания легким переносным зондом на глубину до 4 м. Проведенное зондирование позволило оценить степень уплотнения грунтов в основании фундаментов и выявить зоны уплотнения.^[1]

Исходя из проведенного технического обследования и оценке фактического состояния фундаментов рассматриваемого здания, можно сделать вывод, что для обеспечения его дальнейшей нормальной эксплуатации необходимо выполнить ремонт или замену инженерных сетей и асфальтового покрытия, осушить подвал здания от наружных вод, проникающими с территории, в связи с наличием нескольких локальных трещин, необходимо установить на них маяки и проводить мониторинг за их состоянием. В случае раскрытия маяков выполнить усиление стены в уровне чердака (например, выполнить монолитный ж/б пояс по обрезу кладки на чердаке или установить стяжки вдоль нижнего пояса ферм покрытия). Включая усиление фундамента с помощью железобетонных облойм с двухсторонним уширением анкеровки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Техническое заключение по теме: «Обследование строительных конструкций здания, расположенного по адресу: г. Санкт-Петербург, ул. Сытнинская, д. 7.». 2013. 257 с.
2. *Козачек В.Г., Нечаев Н.В., Нотенко С.Н., Римшин В.И., Ройтман А.Г.* Обследование и испытание зданий и сооружений. 2004. 444 с.
3. *Швец В.Б., Феклин В.И., Гинзбург Л.К.* Усиление и реконструкция фундаментов. 1985. 104 с.
4. *Новицкий О. В.* Ремонт и усиление фундаментов. 2019. 227-230 с.
5. *Жугин И. Н.* Усиление и реконструкция фундаментов. 2021. 53-55 с.
6. *Абраштов В.С.* Статистический подход к определению количества измерений при проведении инструментального обследования строительных конструкций // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 7(79). – С. 486-495.

ОБСЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ ПО АДРЕСУ: УЛ.14-Я ЛИНИЯ, 63, КОРП.9, Г. РОСТОВА-НА-ДОНУ

В данной статье рассматривается существующее здание в г.Ростов-на-Дону.

По объекту проводилось техническое обследование и оценка фактического состояния несущих строительных конструкций здания в 2017г [1]. За время длительной эксплуатации здание неоднократно перестраивалось и достраивалось. На данный момент все помещения объекта эксплуатируются.



Рис.1. Фасад здания

Обследуемое здание двухэтажное, кирпичное, в плане состоит из двух прямоугольников, общими габаритными размерами 70,18x18,06м в осях.

Конструктивная схема здания- смешанная, с несущими продольными и поперечными кирпичными стенами и вертикальными несущими конструкциями в уровне второго этажа - металлические стойки. Фундаменты- ленточные на естественном основании. Перекрытия- железобетонные, деревянные, а также железобетонные и металлические балки. Кровля- двускатная с вальмовой частью и плоская, из рулонных материалов.

В процессе проведения технического обследования было обнаружено большое количество дефектов. В основании фундаментов имеются неравномерные просадки, а также наличие деформаций осадочного характера. При обследовании отмечены участки с аварийным техническим состоянием несущих стен здания: разрушение отдельных участков кирпичной кладки; вертикальные, горизонтальные и наклонные трещины; выветривание цементно- песчаного раствора из швов кладки; участки замачивания стен. Имеется наличие дефектов и повреждения кровли: примыкания гидроизоляционного покрытия к парапету, в отдельных местах смятие и заломы листов металлочерепицы, неплотное сопряжение листов, следы замачивания нижележащих строительных конструкций. В отмостке замечены повреждения в виде выбоин и трещин, а также ее отсутствие в некоторых местах. Перекрытия здания также имеет большое количество дефектов, таких как: продольные трещины в жб балке перекрытия, раскрытие трещин в швах между

плитами, разрушение штукатурных и отделочных слоев, коррозия не защищенных арматурных стержней плит перекрытия [1].

Подробнее рассмотрим обнаруженные продольные трещины в тавровой балке перекрытия первого этажа в осях 1-2 (Рис.1.), которые являются наиболее опасными [4].

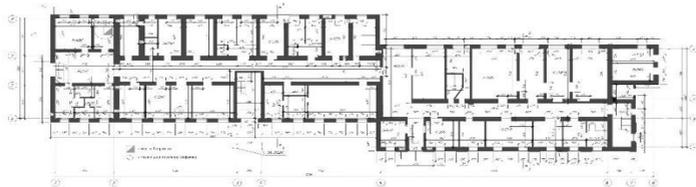


Рис. 1. План первого этажа

В ходе обследования было выполнено определение фактической прочности бетона эталонным молотком Кашкарова и установлен класс бетона балки [5]. Вскрытие защитного слоя бетона показало, класс стали рабочего армирования [4]. На основе этих данных был проведен поверочный расчет прочности нормальных сечений железобетонных балок перекрытия по предельным усилиям, в основе которого лежит условие [3]: $M \leq M_{ult}$

По результатам расчета было выяснено, что фактические расчетные усилия, действующие в балке, превышают несущую способность сечения. Восстановить функциональные возможности железобетонной балки перекрытия можно ремонтом (трещины, коррозия арматуры), усилением или заменой (полной или частичной – выборочной) [4].

В данном случае, конструкция, по результату поверочного расчета, имеет недостаточную несущую способность, следовательно подлежи усилению.

Виды усиления для прочности и устойчивости железобетонных конструкций: дополнительное армирование, установка стальных элементов, установка дополнительных опор, усиление за счет наклеивания композитных материалов, усиление балки бетоном.

Для увеличения несущей способности балки перекрытия, подходит способ усиление конструкций композитными материалами, так как является менее трудоемким и энергозатратным процессом по сравнению с другими [2].

Композитные материалы подразделяются на:

- Материалы с фиброй (углеродными, полиэфирными и другими волокнами) изготавливаются в виде жестких полос или пластин.

- Холсты, представляющие собой гибкую ткань с одно - или двунаправленным расположением волокон (фибры).

Усиление композитными материалами начинается с подготовки поверхности конструкции. Она в местах наклейки листовых материалов подвергается очистке, чаще всего пескоструйной обработке, что позволяет вскрывать поровую структуру бетона. Затем обработанную поверхность шлифуют абразивным инструментом для придания ровности и шероховатости. После выравнивания поверхность обеспыливают с помощью промышленного пылесоса. Материал усиления устанавливают в дозатор для нанесения клеящего состава (на основе эпоксидной смолы). Проводят его монтаж с нанесенным клеем в рабочее положение с одного края к другому или от центра к краям. Затем его плотно поджимают к поверхности конструкции.

Для проверки выбранного способа усиления, был выполнен расчета железобетонной балки после усиления конструкции, в результате которого фактические расчетные усилия не превышали несущую способность сечения. Исходя из проведенного технического обследования и оценке фактического состояния несущих строительных конструкций рассматриваемого здания, можно сделать вывод, что для обеспечения его дальнейшей нормальной эксплуатации необходимо выполнить комплексный капитальный ремонт. Включая усиление железобетонных конструкций балок перекрытия за счет наклеивания композитных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технический отчет по результатам инструментального обследования несущих строительных конструкций 220-Д/17-ОБ : проектная документация – Ростов-на-Дону 20017г.

2. *Байдин И.В.* Методы усиления железобетонных конструкций на основе композитных материалов // Международный науч. журн. «Вестник науки» №6 (15) Т.1 – июнь 2019г.

3. *Байков В.Н.* Железобетонные конструкции. Общий курс: учебник / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов – 5-е изд. перераб. и доп. - Москва: Стройиздат 1991г. - С. 98-100.

4. *В.Г. Козачек, Н.В. Нечаев, С.Н. Нотенко [и др.]*Обследование и испытание зданий и сооружений : учебное пособие /, - Москва: ФГУП «Издательство «Высшая школа» - С. 251-253, 190-193.

5. *Бебеков Ж.В.* Неразрушающие методы контроля прочности бетона // Молодой ученый №11 (46) – ноябрь 2012г. – С. 20-23.

6. *Абраштов В.С.* Статистический подход к определению количества измерений при проведении инструментального обследования строительных конструкций // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 7(79). – С. 486-495.

*Студент магистратуры 1 курса 41 группы ИПГС Чжоу Боцзюнь,
Научный руководитель – проф. каф. ИС, док. техн. наук, доц.
А.В. Корнилова*

СИСТЕМА НАДЗОРА И КОНТРОЛЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ В КИТАЕ И РОССИИ: СХОДСТВО И РАЗЛИЧИЯ

На фоне глобализации строительная отрасль стала важной частью международных экономических обменов. Строительный надзор и контроль являются важной частью обеспечения качества и безопасности строительства. В разных странах сформировались свои собственные системы строительного надзора в соответствии с их правовыми системами, политическими системами и социальной культурой. Будучи важными соседними странами, Китай и Россия тесно сотрудничают и обмениваются опытом в области строительства, однако в силу соответствующих национальных условий, истории, культуры, правовой системы и других факторов между двумя странами существуют значительные различия в системе строительного надзора [1].

Зарождение современных сводов правил строительного надзора в России можно отсчитывать с 1952 года. 4 декабря 1952 г. исполкомом Моссовета был утвержден ряд важных документов, регламентирующих деятельность ИГАСК, в частности "Положение об Инспекции государственного архитектурно-строительного контроля Архитектурно-планировочного управления г. Москвы". Одновременно появилась инструкция о порядке применения штрафных санкций и "Положение об отделе районного архитектора административного района г. Москвы".

В связи с повышением требований Правительства Российской Федерации к надзору за строительством совершенствуются соответствующие нормативно-правовые акты [2, 3].

Согласно Указу Президента Российской Федерации "О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти" от 9 марта 2004 г. № 314 образовано Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации, которому переданы функции по принятию нормативных правовых актов в установленной сфере деятельности и функций по контролю и надзору преобразованного Государственного комитета Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу.

В настоящее время в Российской Федерации действует ряд правовых норм, регулирующих надзор за строительством. Действующее правовое регулирование Российской Федерации можно разделить на следующие категории.

Нормы Правительства Российской Федерации:

- Градостроительный кодекс Российской Федерации - статья 54 Государственный строительный надзор (Федеральный закон от 29.12.2004 №190-ФЗ);

- Федеральный закон от 31.07.2020 №248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации»;

- Постановление Правительства РФ от 30.06.2021 №1087 "Об утверждении Положения о федеральном государственном строительном надзоре”;

- Постановление Правительства РФ от 01.12.2021 №2161 «Об утверждении общих требований к организации и осуществлению регионального государственного строительного надзора»;

- Постановление Правительства РФ от 10.03.2022 №336 "Об особенностях организации и осуществления государственного контроля (надзора), муниципального контроля”.

Государственный строительный надзор регулируются НПА Субъектов Российской Федерации (89 субъектов, РФ, в том числе 3 города федерального значения - Москва, Санкт-Петербург, Севастополь). Современные нормы по строительному контролю в Китае берут начало в 1953 году, когда Министерство тяжелой промышленности Центрального народного правительства выдвинуло «Инструкцию Министерства тяжелой промышленности Центрального народного правительства по внедрению системы ответственности и повышению качества инженерных работ в базовом строительстве», в которой говорилось, что: отделы базового строительства должны проводить самоинспекцию. Введение этой инструкции ознаменовало начало формирования системы управления качеством проектов в Китае [4]

В настоящее время основными нормами строительного надзора и инспекции в Китае являются:

- Строительное право Китайской Народной Республики;
- Положение об инспекции инженерного контроля;
- Положения о надзоре и управлении качеством строительства зданий и объектов городской инфраструктуры;
- Единые стандарты приемки качества строительных работ;
- Стандарты по инженерному строительству Китайской Народной Республики.

30 января 2000 года Государственный совет Китая издал указ № 279 "Правила управления качеством строительных проектов", который коренным образом изменил порядок работы по управлению качеством проектов, чтобы добиться изменения системы государственного строительного надзора и утверждения на систему подачи документов. То есть прямой надзор со стороны государственных ведомств сменился

государственным надзором за профессиональными организациями по надзору за качеством, профессиональным надзором за качеством конкретных инженерных проектов. Проанализировав нормативную и научную литературу по рассматриваемому вопросу, можно сделать вывод, что в Китае и России существует своя нормативно-правовая база строительного надзора и инспекции, и обе системы направлены на обеспечение безопасности, качества и соответствия строительным проектам. В условиях глобализации опыт обеих стран одинаково актуален для регулирования строительной отрасли в других странах.

Что касается норм строительного надзора, то в обеих странах существует относительно полная система норм надзора и инспекции. Однако нормы Российской Федерации уделяют больше внимания законности строительной деятельности, требованиям безопасности и стандартам качества. В Российской Федерации надзор за соблюдением строительных норм и обеспечение соответствия строительных работ законодательным нормам и техническим стандартам возложен на Госстройнадзор России. В Китае эту функцию выполняет Министерство жилищного строительства, городского и сельского развития [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Денисов А.Е.* История государственного строительного надзора в России // Материалы XII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2020/article/2018023416> (дата обращения: 01.12.2023)
2. Статья 54 Градостроительного кодекса Российской Федерации от 29.12.2004 N190-ФЗ.
3. Федеральный закон от 31.07.2020 №248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации».
4. Правила управления качеством строительной техникой. Указ №279 Государственного совета Китайской Народной Республики от 30 января 2000 г.
5. Закон о строительстве (Указ Президента Китайской Народной Республики № 91 от 1 ноября 1997 года).
6. *Корнилова А.В., Идармачев И.М.* Возможности магнитных методов для определения повреждаемости материала штампов для ХЛШ // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2013. №3. С. 35-42.
7. *Корнилова А.В., Тет Паинг, Чжо Зяяр, Селищев А.И., Идармачев И.М.* Практическое руководство по обработке экспериментальных данных, Москва: Издательские решения, 2018. 190 с.

Студентка 4 курса 3 группы ИПГС Щербакова П.И.,
Студентка 4 курса 3 группы ИПГС Чихунова В.К.
Научный руководитель – проф. каф. ИС, док. техн. наук., доц. А.В.
Корнилова

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ СТАЛИ С245

Современный метод неразрушающего контроля, основанный на измерении коэрцитивной силы, демонстрирует возможности анализа напряженно-деформированного состояния для любых стальных конструкций. ГОСТ 56542-2019 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов» разделяет неразрушающий контроль на виды, в зависимости от физических явлений, положенных в его основу. Магнитный вид неразрушающего контроля применяют для контроля изделий из ферромагнитных материалов, то есть из материалов, которые способны существенно изменять свои магнитные характеристики под воздействием внешнего магнитного поля [1, 2].

В настоящее время основным методом магнитного вида контроля считается коэрцитиметрия, использующая эффект Холла в качестве источника получения первичной информации. Под коэрцитиметрией понимается неразрушающий контроль механических свойств, напряженно-деформированного состояния и уровня накопления усталостной повреждаемости по измерениям магнитной характеристики металла – коэрцитивной силы (H_c на рис. 1). Любые структурные изменения, происходящие в материале, приводят к изменению величины коэрцитивной силы. Основное свойство ферромагнетиков - магнитный гистерезис - явление зависимости вектора намагничивания (J) и вектора напряжённости магнитного поля (H) - (рис.1).

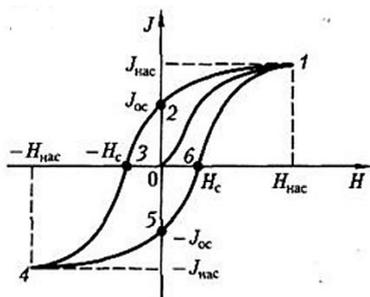


Рис.2. Петля магнитного гистерезиса в координатах напряженности магнитного поля-намагниченность

Единицей измерения коэрцитивной силы является ампер/метр (в Международной системе единиц (СИ)).

Измерение коэрцитивной силы-это процесс определения минимального значения магнитного поля, необходимого для размагничивания вещества..

Коэрцитиметры используются в различных отраслях промышленности, таких как производство магнитных материалов, металлообработка и электроника. Они позволяют точно измерять и контролировать магнитные свойства материалов и деталей. Данные измерения также могут быть использованы для определения качества и производительности материалов [3, 4].

Значимость для строительной отрасли заключается в обеспечении своевременного выявления тех конструктивных элементов, состояние которых не в полной мере отвечает требованиям безопасной эксплуатации. Исследование динамики изменчивости коэрцитивной силы в течение всего жизненного срока цикла сооружений позволит использовать полученную информацию для оптимального планирования ремонтных мероприятий.

Нами было проведено экспериментальное исследование коэрцитивной силы (в эксперименте принимал участие аспирант Фирас Абд Алвахед). Объектом нашего исследования являлись пластины из стали Ст3сп (С245) с твердостью по шкале Роквелла 85 HRV толщиной 5 мм. Испытание проводилось с помощью структуроскопа КИМ-2М. Так как между коэрцитивной силой и остаточной пластической деформацией существует корреляционная связь, то по величине коэрцитивной силы мы провели контроль накопления повреждений в металле. Для этого определили первичный уровень коэрцитивной силы, т.е. коэрцитивную силу в металле, неповрежденном циклической технологической нагрузкой. Определение этой величины для образцов и было целью проводимого эксперимента. Также одной из задач являлось установить влияние направления проката на уровень коэрцитивной силы, возможно ли объединить 2 полученные выборки (вдоль и поперек волокон) в одну для дальнейшего анализа.

В ходе испытания 30 раз намагничивали и размагничивали стальные пластины, после чего измеряли коэрцитивную силу и абсолютное значение напряжения Холла. Данное количество измерений является достаточным, так как с точки зрения статистики их избыток отрицателен. Выборка коэрцитивной силы при намагничивании параллельно направлению прокатки: 192, 174, 205, 192, 186, 192, 217, 205, 180, 168, 192, 192, 174, 229, 161, 143, 143, 217, 192, 205, 192, 217, 217, 192, 149, 168, 174, 192, 186, 192; при намагничивании перпендикулярно направлению прокатки: 155, 149, 124, 174, 130, 161, 155, 168, 161, 155,

168, 161, 168, 168, 180, 174, 174, 155, 155, 154, 149, 155, 155, 174, 168, 168, 143, 149, 174, 124, 130, 161, 155. Выборка абсолютного значения напряжения датчика Холла при намагничивании параллельно прокату: 185, 186, 172, 176, 176, 171, 167, 168, 171, 167, 170, 159, 159, 172, 170, 174, 167, 187, 159, 179, 180, 176, 166, 166, 175, 171, 178, 160, 182, 169; при намагничивании перпендикулярно прокату: 164, 176, 185, 181, 183, 174, 175, 177, 178, 185, 183, 187, 192, 188, 191, 163, 162, 180, 183, 184, 179, 180, 161, 178, 182, 172, 186, 187, 179, 177. Были определены статистические характеристики выборок. И по критерию Шапиро-Уилка выявлено, что выборки коэрцитивной силы я не являются нормально распределенными. Поэтому был применен критерий, не зависящий от формы распределения, – непараметрический критерий Вилкоксона, практическое применение которого для рассматриваемого типа задач, описано в [5].

В ходе исследования сделан вывод о том, что на уровне значимости 0,05 для горячекатаного листа есть отличия в измеренной коэрцитивной силе при намагничивании параллельно прокату и перпендикулярно ему. А абсолютное значение напряжения датчика Холла, которое является пропорциональной зависимостью остаточной магнитной индукции, мВ, от направления проката не зависит.

Статистически доказано, что направление измерения коэрцитивной силы влияет на результат не только у конструкций, отработавших часть ресурса, что было давно замечено, но и для "нового материала", если он является горячим прокатом. Необходимо учитывать эту особенность при проведении контроля магнитными методами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Корнилова А. В., Батарин Р. В., Галов Н. А.* [и др.] Применение магнитных методов неразрушающего контроля как способа экспресс-оценки прочностных свойств и остаточного ресурса металла // Производство проката. 2018. № 5. С. 31-37.
2. *Богачева Н.Д.* Расширение возможностей применения метода коэрцитивной силы // В мире неразрушающего контроля. 2005. №2(28). С. 8-10.
3. *Власовец В.М.* Оценка твердости отливок из стали 60Х2Н4ГМФ по коэрцитивной силе // Вестник ХНАДУ. 2010. №51. С. 84-84.
4. *Корнилова А.В., Идармачев И.М.* Возможности магнитных методов для определения повреждаемости материала штампов для ХЛШ // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2013. №3. С. 35-42.
5. *Корнилова А.В., Тет Паинг, Чжо Заяр, Селищев А.И., Идармачев И.М.* Практическое руководство по обработке экспериментальных данных, Москва: Издательские решения, 2018. 190 с.

СЕКЦИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Студентка 3 курса 5 группы ИППС Волкова К.С.

Научный руководитель – преподаватель Зиновьева Е.А.

3D ПЕЧАТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Аддитивное производство становится все более популярно. 3D-печать металлом – общее определение для ряда технологий, где создаются трехмерные объекты слоями. В 90-х годах изобретают технологию селективного лазерного спекания (SLS), выпускают первые коммерческие принтеры, но в 2000-х развитие замедляется. Сегодня объем рынка 3D-печати металлом очень быстро растет.

Можно отменить немало достоинств данной технологии. 3D-печать в строительстве позволяет создавать проекты уникально сложной геометрии [1-5]. Процесс изменения конструкции в соответствии с конкретными потребностями станет проще. 3D-принтер позволяет изготовить одну деталь, уменьшив количество элементов. Это заметно скажется на сокращении количества строительных отходов, энергии. Таким образом, появляется возможность резко снизить соотношение между количеством закупленного материала и материала в готовой детали, сохраняя отличные физические свойства. 3D-принтер может работать непрерывно, поэтому проекты могут быть реализованы намного быстрее. Так как направление недостаточно изучено, могут возникнуть следующие трудности: необходимость в научных исследованиях, отсутствие стандартов и правил, большие первоначальные вложения, ограничения в размерах объектов.

Характеристики изделия зависят от технологии. Наиболее прогрессивными и популярными являются SLM (выборочное лазерное плавление) и DMLS (прямое спекание металла лазером). В SLM лазер равномерно расплавляет металлический порошок с единой температурой плавления, в DMLS частицы порошка нагреваются до меньших температур, не переходя в жидкое состояние, спекаются между собой с большими промежутками. По данной технологии работают четыре производителя 3D-принтеров по металлу. Свое оборудование они выделяют, используя различные наименования (SLM, DMLS, LaserCUSING, DMP). Электронно-лучевое плавление (EBM) действует аналогично предыдущим технологиям, но в качестве источника энергии используется более мощный электронный луч. Отмечается скорость производства, но снижается точность деталей. Для того чтобы уменьшить количество примесей в материале, которые могут привести к

дефектам, деталь изготавливается в вакуумной камере.

В технологии прямого подвода энергии и материала (DED) луч лазера плавит металлическую поверхность заготовки, образуя небольшую область расплава. Подаваемый в эту область порошок попадает в жидкий расплав и наплавляется поверх подложки. Проволочно-дуговая технология (WAAM), связанная с DED, в 10 раз дешевле, потому что вместо порошка используется металлическая проволока.

Основное отличие от традиционных технологий производства металлических деталей в том, что принтер создает объекты без остаточных внутренних напряжений. Плотность ниже на 10-15%, чем при прокате, но примерно на 50% выше, чем у литейных металлов. Стальная деталь, напечатанная на 3D-принтере, имеет более мелкозернистую структуру, обеспечивая лучшие прочностные характеристики на разрыв.

В 3D-печати всего несколько десятков сплавов. Широко используется сплав на основе алюминия. Отмечается высокая коррозионная стойкость, жидкотекучесть, теплопроводность. Нередко применяется нержавеющая сталь 316L, особенностью которой является коррозионностойкая пленка, восстанавливаемая в результате реакции с кислородом. В 2019 году группа российских ученых из НИТУ МИСиС разработала новый способ изготовления порошка титана и алюминия. При создании порошка необходимо соблюсти определенное соотношение крупных и мелких зерен. Текучесть металла определяется с помощью прибора Холла, устанавливаются требования в зависимости от принципа нанесения материала на платформу построения.

В 2022 году компания 3DLAM из Санкт-Петербурга представила аддитивную установку мирового уровня. Она производится в соответствии с требованиями ГОСТ и ISO 9001:2015. Серийно выпускается три модели машин. Mini позиционируется как 3D-принтер для исследовательских лабораторий и учебных заведений. Mid – для ежедневной печати общепромышленного применения. Maxi для печати крупногабаритных изделий.

В сентябре 2019 года в Дармштадте начали печатать на месте полный мост, используя сварочный робот с контролером. Основанный на двух опорных плитах, закрепленных в земле, мост был напечатан слоями в конце октября 2019 года. Варианты проектирования были дополнительно подвергнуты следующим ограничениям, которые учитывают досягаемость робота, ширину водоема, подлежащему соединению, и необходимую доступность. Общая длина моста составляет от 2500 до 2800 мм, общая ширина конструкции в пределах 1500 мм. 15 июля 2021 года в Амстердаме открыли первый в мире напечатанный на 3D-принтере металлический пешеходный мост.

Разработка проекта заняла более четырёх лет. Мост S-образной формы был напечатан в мастерской четырьмя роботами методом наварки слоев из проволоки из нержавеющей стали, для изготовления пролета в 12 метров им потребовались 4,5 т стали и шесть месяцев. Более десяти датчиков, встроенные в мост, будут следить за его состоянием и деформацией.

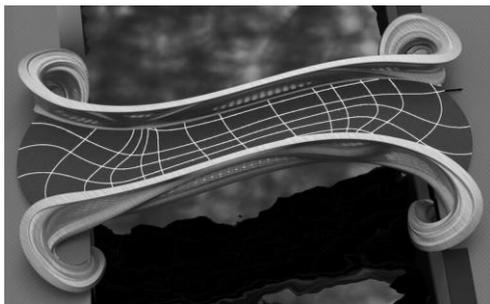


Рис. 1. Металлический пешеходный мост, Амстердам

В обоих случаях применена технология печати металлической проволокой, при которой обеспечивается высокая скорость нанесения 4–9 кг/час. Таким образом, 3D-печать в строительстве способна произвести революцию, так как потенциально может улучшить характеристики конструкций, решить экологические и экономические проблемы. С 2024 по 2030 год в России запускаются центры АТ. Также ожидается разработка национальных стандартов и внедрение новых образовательных программ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Беляев Л.В., Аборкин А.В.* Введение в аддитивные технологии: учебное пособие. Изд-во ВлГУ, 2023, стр. 50-54.
2. *Бьюкенен, К. Гарднер. Л.* 3D-печать на металле в строительстве: обзор методов, исследований, применений, возможностей и проблем. Инженерные конструкции 180:332-348, 2019, стр. 332-348.
3. *Антонова В.С., Осовская И.И.* Аддитивные технологии: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2017.-30 с.
4. *Неустроев Д.В., Овчинников И.Г.* Аддитивные технологии и их применение в промышленном и транспортном строительстве // Вестник Евразийской науки, 2021 №2, <https://esj.today/PDF/26SAVN221.pdf>
5. *Ватин Н.И., Чумадова Л.И., Гончаров И.С., Зыкова В.В., Карпеня А.Н., Ким А.А., Финашенков Е.А.* 3D-печать в строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2017, No 1(52). С. 27–46.

ВАРИАНТЫ ОПОРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ БАЛОК С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Современное строительство ставит перед инженерами и архитекторами ряд вызовов, среди которых особое внимание уделяется оптимизации конструкций с целью увеличения эффективности использования ресурсов, а также повышения устойчивости к нагрузкам и улучшения экологических характеристик зданий и сооружений. В этом контексте особую актуальность и важность приобретает тема опорных соединений балок с гофрированной стенкой [1-6].

Они играют ключевую роль в обеспечении стабильности, прочности и функциональности конструкции.

1. Обеспечивают эффективную передачу нагрузок от балок к другим несущим элементам, таким как колонны или фундаменты. Это необходимо для равномерного распределения нагрузок и предотвращения изгибов или перекосов в конструкции.

2. Правильно спроектированные и установленные опорные соединения обеспечивают устойчивость, особенно при действии внешних усилий, таких как ветер, снег или сейсмические силы.

3. Помогают сохранить интегритет и форму балок на протяжении всего срока эксплуатации.

4. Надежные опорные соединения предотвращают возможные аварии или повреждения, связанные с отклонением балок от своего назначенного положения или разрушением опорных конструкций.

Каждый вид опорного соединения имеет ряд преимуществ и недостатков:

1. Сварные:

Преимущества: высокая прочность и жесткость соединения; возможность создания длинных сварных швов для увеличения площади контакта; отсутствие выступающих элементов, что улучшает эстетику и снижает риск травм при монтаже и эксплуатации.

Недостатки: требуется квалифицированный сварщик и специализированное оборудование; возможно изменение металлической структуры в области сварных соединений, что может снизить прочность; недостаточная устойчивость к циклическим нагрузкам и вибрациям.

2. Клеевые:

Преимущества: равномерное распределение нагрузок по всей площади соединения; отсутствие тепловых деформаций и изменений в металлической структуре.

Недостатки: требуется подготовка поверхности для обеспечения хорошего сцепления клея; необходимость использования специализированных клеевых составов, которые могут быть дорогими; возможность ослабления клеевого соединения при длительном воздействии высоких температур.

3. Болтовые:

Преимущества: легкость сборки и демонтажа; возможность корректировки натяжения болтов для достижения оптимальной прочности соединения; меньшая вероятность изменения металлической структуры в сравнении с сварными соединениями.

Недостатки: болты могут расслабиться под воздействием вибраций или циклических нагрузок; требуется достаточно много времени и труда на установку и закрепление болтов; процесс монтажа может потребовать специализированного оборудования и навыков.

В рамках научного исследования рассмотрим возможные варианты болтового соединения опорного ребра на примере гофрированной балки запатентованной в НИУ МГСУ (рис.1).

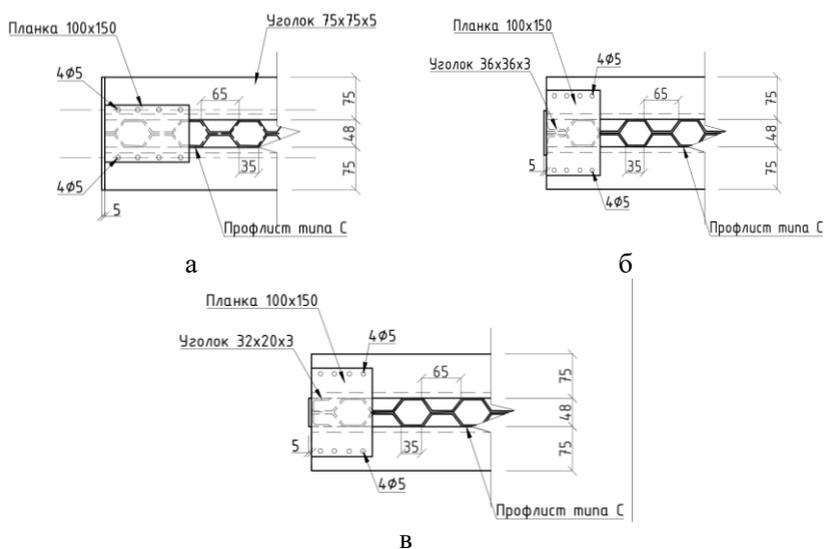


Рис. 1. Схемы вариантов соединения опорного ребра: а – 1 вид опорного ребра, б – 2 вид опорного ребра, в – 3 вид опорного ребра

Данная балка является сборно-разборной, двутаврового сечения с поясами из прокатных профилей и стенкой выполненной из гофрированного листа. Ее главное преимущество - доступность материалов, а также простота сборки и монтажа.

Наиболее эффективно балка работает при пролете 3,6 м и высоте стенки 0,5 м, что было установлено по результатам теоретических исследований и численного эксперимента по определению напряженно-деформированного состояния стальных балок со стенкой из профилированного настила [1].

Первый вид опорного соединения подразумевает использование двух равнополочных уголков, на основе условия унификации, то есть уголок того же сечения, что и верхний пояс, и лист (см. Рис.1, а).

Второй – использование двух равнополочных уголков меньшего сечения по сортаменту, чем верхний пояс, и лист (Рис.1, б).

Третий вид: два неравнополочных уголка меньшего сечения по сортаменту, чем верхний пояс, и лист (Рис.1, в).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Зиновьева Е.А.* Сборные двутавровые стальные балки с поясами из прокатных профилей и стенкой из профилированного листа // В сборнике: Актуальные проблемы строительной отрасли и образования. Сборник докладов Первой Национальной конференции. 2020. С. 63-68.
2. *Бондаренко О.С.* Анализ балок с гофрированной стенкой // Ползуновский альманах, 2016. № 3. С. 38-41.
3. *Файнштейн А.С.* Стальные балки минимального веса: учебное пособие // М.: Изд-во Политехнического ун-та, 2007. С. 95.
4. *Енджиевский Л.В., Крылов И.И., Кретинин А.Н., Фроловская А.В.* Ограждающие и несущие строительные конструкции из стальных тонкостенных профилей // Монография. Москва: Красноярск, 2018
5. *Бирюлев В.В., Кошкин И.И., Крылов И.И., Сильвестров А.В.* Проектирование металлических конструкций: учебное пособие // Л.: Стройиздат, 1990. С. 432.
6. *Брянцев А.А., Абсиметов В.Э., Лалин В.В.* Эффективность применения двутавров с гофрированными стенками в производственных зданиях. Строительство уникальных зданий и сооружений, 2017, №3 (54). С. 93-104.

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ И КОМПЬЮТЕРНЫХ МЕТОДОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Аналитические методы позволяют проводить расчеты на основе теоретических моделей, учитывая различные факторы, такие как напряжение, деформация, устойчивость и прочность конструкций.

Компьютерные методы в свою очередь обеспечивают более детальный и точный анализ поведения конструкций [1-7].

Внедрение современных методов, таких как компьютерное моделирование, повышает эффективность и точность проектирования металлических конструкций по ряду причин:

1. Повышенная точность: позволяет проводить более точный анализ с учетом различных факторов.
2. Оптимизация конструкций: дает возможность быстро и эффективно проводить анализ различных вариантов конструкций.
3. Ускорение процесса проектирования: сокращает время, необходимое для анализа и расчетов.
4. Учет сложных условий эксплуатации: современные методы могут учитывать различные эксплуатационные условия.

Рассмотрим некоторые программные комплексы для работы с металлическими конструкциями:

AutoCAD - программное обеспечение, используемое для создания чертежей и моделирования.

Ключевым преимуществом AutoCAD является его способность создания чертежей и моделей, которые в дальнейшем можно импортировать в программы для расчета металлических конструкций.

Tekla Structures - программное обеспечение, специализирующееся на объектно-ориентированной модели (BIM) и детализации металлических конструкций.

Оно обладает широкими возможностями для создания детальных 3D-моделей и проведения анализа конструкций. Данное ПО применяется для проектирования и моделирования различных металлических конструкций, таких как мосты, трубопроводы, тоннели и других, позволяя проводить расчеты и моделировать стальные, алюминиевые и другие металлические конструкции, наряду с подробным анализом и расчетом силового воздействия на эти конструкции.

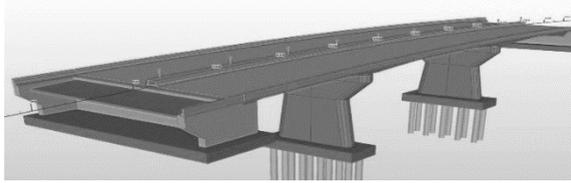


Рис. 1. Пример проектирования моста в Tekla Structures

ANSYS - мощное инженерное программное обеспечение, позволяющее производить расчет и анализ металлических конструкций при различных нагрузках, включая статические, динамические, нелинейные, усталостные и тепловые. ANSYS используется для расчета и анализа различных металлических конструкций, таких как каркасы зданий и сооружений, мосты и трубопроводы, трубопроводы и их опоры, промышленные объекты.

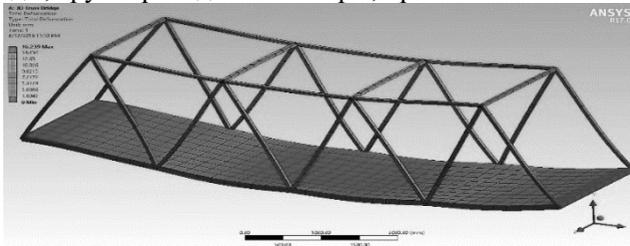


Рис. 2. Пример расчета нагрузок в ANSYS

SAP2000 - программное обеспечение для анализа и проектирования различных типов конструкций, в том числе металлических, предоставляющее инструменты для статического, динамического и нелинейного анализа, а также для расчетов устойчивости и деформаций.

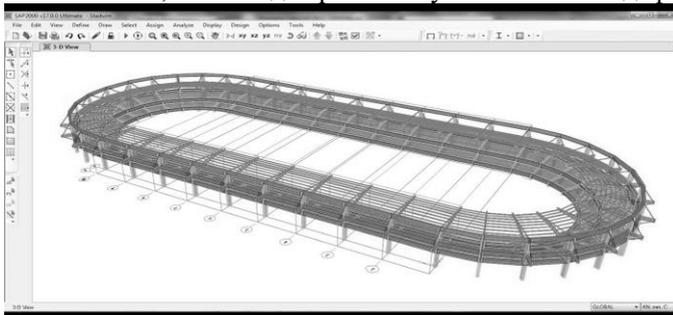


Рис. 3. Пример проектирования и расчета нагрузок в SAP 2000
В области применения компьютерных методов для проектирования

металлических конструкций можно выделить несколько перспективных направлений развития и исследований:

1. Совершенствование методов оптимизации конструкций:
2. Использование искусственного интеллекта:
3. Развитие интегрированных систем проектирования:
4. Усовершенствование возможностей виртуального тестирования:

Таким образом, можно сделать вывод, что как аналитические, так и компьютерные методы играют очень важную роль в проектировании металлических конструкций.

Аналитические методы закладывают основу для понимания поведения материалов и конструкций.

Компьютерные методы, в свою очередь, дополняют и расширяют возможности проектирования, обеспечивая повышенную точность анализов, удобство внесения изменений, улучшения в визуализации и общую эффективность процесса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Tekla Structures // Tekla URL: <https://www.tekla.com/ru/опыт/ресурсы/преимущества-разработки-металлоконструкций-с-помощью-информационного-моделирования-опыт-нипигаз> (дата обращения: 20.02.2024).
2. AutoCAD // Autodesk URL: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Projektiruem-metallokonstrukcii-Kakoy-produkt-Autodesk-vybrat-2021#video> (дата обращения: 19.02.2024).
3. Мансурова А. Р. Применение программного комплекса ANSYS в компьютерном моделировании / А. Р. Мансурова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 39 (225). — С. 31-33.
4. SAP2000 // SAPR URL: <https://sapr.ru/article/24379?ysclid=lta96cum70189003625> (дата обращения: 21.02.2024).
5. Проектирование металлоконструкций // FB URL: <https://fb.ru/article/523537/2023-proektirovanie-metallokonstruktsiy---novyye-tehnologii-i-perspektivy?ysclid=lta9cvz23i975337031> (дата обращения: 21.02.2024).
6. Ватин Н. И., Синельников А. С. Большепролетные надземные пешеходные переходы из легкого холодногнутого стального профиля // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. № 1. С. 47- 53.
7. Tenga J. G., Yub T, Fernandoc D. Strengthening of steel structures with fiber-reinforced polymer composites // Journal of Constructional Steel Research. 2012. Vol. 78. Pp. 131–143.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МОНТАЖНОГО СТЫКА БАЛОК НА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТАХ

Существующие нормы проектирования (СП 16.13330.2017) дают определенный алгоритм для ручного расчета узлов сопряжения конструкций, однако при необходимости подробного анализа напряженно-деформированного состояния узла удобно воспользоваться различными программными комплексами. Сравнительный анализ был проведен на примере расчета монтажного стыка главной балки ручным методом и с использованием двух программных комплексов: IDEA StatiСА и ЛИРА-САПР. В монтажном стыке главной балки используются высокопрочные болты с контролируемым натяжением. Исходные данные для расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 Исходные данные для расчета

Изгибающий момент в стыке	$M = 5647,32 \text{ кН} \cdot \text{м}$
Изгибающий момент в стенке	$M_{\text{СТ}} = 1220,44 \text{ кН} \cdot \text{м}$
Продольная сила в полке	$N_{\text{П}} = 3074,22 \text{ кН}$
Болты	M24 из стали 40Х
Сталь конструкций	C255
Способ обработки поверхностей	газопламенный, $\mu = 0,42$
Способ контроля натяжения болтов	по моменту закручивания $\gamma_h = 1,12$
Предельные пластические деформации	5%

Определим требуемое число болтов на полке и на стенке. Расчётное усилие, воспринимаемое одной поверхностью трения одного болта:

$$Q_{bh} = \frac{R_{bh} \cdot A_{bn} \cdot \mu}{\gamma_h} = \frac{77 \cdot 3,52 \cdot 0,42}{1,12} = 101,6 \text{ кН.}$$

Необходимое число болтов в стыке полок:

$$n = \frac{N_{\text{П}}}{Q_{bh} \cdot k_s \cdot \gamma_b \cdot \gamma_c} = \frac{3074,22}{101,6 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1} = 15,12,$$

где $k_s = 2$ – количество поверхностей трения; γ_c – коэффициент условий работы; γ_b – коэффициент условий работы болтового соединения, $\gamma_b = 1$ при количестве болтов в стыке $n \geq 10$.

Принимаем по 16 болтов на накладках по полкам с одной стороны стыка. Для определения необходимого количества болтов на стенке вычисляем коэффициент:

$$\alpha = \frac{M_{ст}}{m \cdot k_s \cdot y_{max} \cdot Q_{bh} \cdot \gamma_b} = \frac{1220,44}{3 \cdot 2 \cdot 0,98 \cdot 101,6 \cdot 1} = 2,04$$

где y_{max} – расстояние между крайними болтами, симметрично расположенными относительно оси X, $y_{max} = a_{max} = a_1 = 0,98$ м;
 $k_s = 2$ – число поверхностей трения.

Принимаем 3 вертикальных и 10 горизонтальных рядов болтов на накладках по стенке с одной стороны стыка.

Расчет с использованием IDEA StatiCA

Программный комплекс IDEA StatiCA реализует компонентный метод конечных элементов (КМКЭ) [1-5].

Реальная диаграмма работы стали заменяется идеализированной упругопластической, при этом максимальная относительная пластическая деформация конструкционной стали составляет 15%. В практике проектирования ограничиваются пластической деформацией в 5% (EN 1992-1-1 Eurocode 2).

К модели (рис. 1) приложено одно расчетное усилие – изгибающий момент, действующий в узле. Компоновка узла была определена при ручном счете.

Вид расчета – «EPS» (Напряжения, деформации). Полученные в результате расчета изополя эквивалентных напряжений в конструкциях представлены на рис. 2.

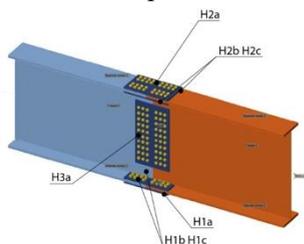


Рис. 1. Модель узла (IDEA StatiCA)

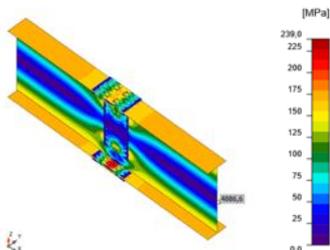


Рис. 2. Изополя эквивалентных напряжений, МПа

Расчет с использованием ЛИРА-САПР

Расчет узлов металлоконструкций с использованием программного комплекса ЛИРА-САПР проводился поэтапно. После определения изгибающего момента в монтажном стыке главной балки в ЛИРА-САПР расчет ведется с использованием подпрограммы ЛИРА-СТК. Выполнена проверка варианта конструирования узла, принятого по результатам ручного расчета.

Сравнение результатов. Результаты проверки монтажного стыка главной балки приведены в таблице 2.

Таблица 2 Результаты расчетов

Элемент	Процент использования, %	
	IDEA	ЛИРА-
Болты	91.2	65.8
Накладки полки(Н1а, Н2а)	-	82.6
Накладки полки(Н1b, Н1с, Н2b, Н2с)	1% пластики	88.4

Как видно, расчет с использованием ЛИРА-САПР дает почти на 30% заниженный процент использования болтов. Столь значительная разница в результатах объясняется различным подходом к проверкам элементов узла. В ЛИРА-САПР проверки проводятся согласно формулам нормативных документов, и не учитывается локальная пластика отдельных элементов. Результаты расчета с использованием IDEA StatiCa более точные, т.к. при расчете учитывается действительное напряженно-деформированное состояние каждого элемента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *П.А.Хазова* Анализ деформативно-прочностных характеристик узла // Приволжский научный журнал. - 2020. - №3. -с.2-9
2. *Д.А.Мельников, Т.Л. Дмитриева* Проверка рамного узла металлоконструкций с помощью IDEA StatiCa // Известия вузов. Строительство. Недвижимость. 2020. Т. 10. №3.С 406-419
3. *Насырова И.Ю. Бароев. Р.В.* Компонентный метод конечных элементов в BIM проектировании на примере программы IDEA StatiCa // Сборник материалов семинара молодых ученых XXII Международной научной конференции, 2019. – С. 464-471
4. Общие теоретические основы. IdeaStatiCa официальный сайт. – Лондон, 2021. – URL: <https://www.ideastatica.com/ru/support-center/obschie-teoreticheskie-osnovi> (дата обращения 25.02.2024)
5. *MATA-FALCÓN, J., TRAN, D., T., KAUFMANN, W., NAVRÁTIL, J.* Computer-aided stress field analysis of discontinuity concrete regions // In: Proceedings of EURO-C 2018 Computational Modelling of Concrete and Concrete Structures, Austria, 2018
6. *Chang H.Y.* A study on behavior of steel joints that combine high-strength bolts and fillet welds / H.Y. Chang, C.Y. Yeh // Steel and Composite Structures 31 (4), 2019. Pp. 361–372. DOI: 10.12989/scs.2019.31.4.361.

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ КАРКАСОМ

Современные технологии всё чаще меняют нашу жизнь и становятся обыденными во всех областях производства, в том числе и строительного. Для того чтобы идти в ногу со временем необходимо следить за новыми разработками и уметь применять их для улучшения технологий производства. Одной из таких технологий стало аддитивное производство [1-6].

Для того чтобы понять, как можно применить аддитивные технологии при возведении зданий из металлического каркаса, разберёмся в сущности того, чем они являются.

Аддитивные технологии — это устройства позволяющие создавать объёмные объекты, предварительно смоделированные в CAD программе, методом послойного наращивания на специальной платформе. Этот метод предлагает подход к изготовлению детали существенно отличающийся от традиционного производства. При аддитивном производстве материала берётся ровно столько сколько необходимо для изготовления, традиционный же метод основан на отсечении лишнего от определённого количества материала. Специфика послойного наращивания позволяет изготавливать детали с уникальными характеристиками, экономить на расходных материалах, тем самым понизив себестоимость деталей, а также позволяет изготавливать детали с проблематичной, при традиционном производстве, геометрией.

Готовый продукт, с применением аддитивных технологий или же 3D-принтеров, можно получить разными способами. К ним относятся FDM (fused deposition modeling) и SLM (Selective Laser Melting).

FDM (метод послойного наплавления) – это самый простой и распространённый способ. Изделие формируется послойным наплавлением пластика снизу-вверх начиная с основания. При помощи этого метода можно изготавливать изделия из пластика, обладающих высокой гибкостью и прочностью.

SLM (выборочное лазерное сплавление) – это способ получения модели путём послойного сплавления металла, подаваемого в виде порошка. Данный метод позволяет получать уникальные по своим характеристикам изделия из металла, не теряя при этом в его физико-химических свойствах.

При возведении зданий из металлического каркаса уже можно

использовать FDM печать для изготовления болтов из пластмасс с добавлением капролона и эрталона. Такие болты используются в быстровозводимых зданиях и обладают высокой прочностью, высокой антикоррозийной стойкостью, теплоизоляционными и диэлектрическими свойствами, стойкостью в отношении агрессивных сред (кислоты, щелочи, соли). Они сохраняют свою прочность при температуре от -20°C до $+225^{\circ}\text{C}$. Это делает возможным использование данных болтов на предприятиях химической промышленности.

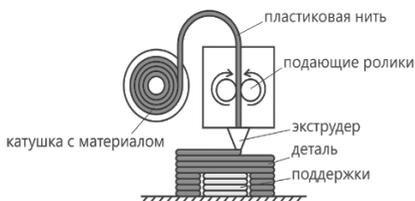


Рис 1. FDM печать.

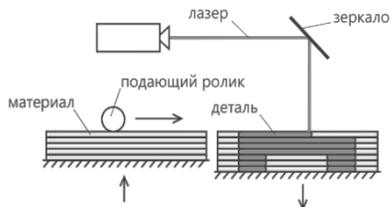


Рис 2. SLM печать.

SLM печать позволяет создавать металлические детали и небольшие элементы любой формы, что открывает простор для фантазии архитекторов в проектировании. Например, сборка металлических конструкций может выполняться из отдельных фрагментов-ячеек для которых будут служить детали, распечатанные на 3D-принтере.

Существуют и комбинированные способы выпуска изделий, которые совмещают в себе как традиционный способ изготовления, так и аддитивный. Таким способом можно изготавливать болты с двойной резьбой, для которых критически важна точность формирования резьбы болта, что увеличивает стоимость производства. Для производства болтов комбинированным способом сначала на 3D принтере изготавливают форму будущего болта, затем покрывают его несколькими слоями жидкой керамики и дают затвердеть, эту затвердевшую форму отправляют в печь, где при температуре 260°C пластик выплавляется из этой формы. Финальным шагом в изготовлении болта является заливка жидкого металла в получившуюся керамическую форму и небольшая последующая обработка.



Рис. 3. Изготовление формы и болты с двойной резьбой

Такие болты используются в изготовлении металлических каркасов

промышленных зданий, где конструкции подвергаются вибрационному воздействию.

Аддитивное производство, пока что, не может предложить конструкций значительного размера, производство которых будет рентабельно по сравнению с традиционными методами изготовления. Также специфика производства послойным наращиванием не позволяет уменьшать стоимость продукции при увеличении количества выпущенной продукции.

Исходя из изложенного, можно сделать вывод, что аддитивные технологии в области изготовления металлических каркасов зданий имеют ряд ограничений, не позволяющих на данный момент внедрить их в повсеместное производство. Однако они в перспективе могут быть востребованы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Мухаметрахимов Р.Х. Вахитов И.М.* Аддитивная технология возведения зданий и сооружений с применением строительного 3D-принтера // Известия КГАСУ № 4(42), 2017 – Казань. С. 350-359.
2. *Войнов П.С., Беленький В.Я., Белинин Д.С., Варушкин С.В.* Возможности применения аддитивных технологий при конструировании и производстве вооружения, военной и специальной техники // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение, Т.23, №2, 2021. – Пермь. С 70-78.
3. Аддитивные технологии в промышленности: 3D-печать металлом. URL: <https://rostec.ru/news/additivnye-tehnologii-v-promyshlennosti-3d-pechat-metallom/> (дата обращения 20.02.2024).
4. Сочетание 3D-печати и литья металла для изготовления болтов с двойной резьбой. URL: <https://www.solidsmack.com/ru/design/combining-3d-printing-and-metal-casting-to-make-double-threaded-bolts/> (дата обращения 20.02.2024)
5. Суть и преимущества аддитивных технологий и производства URL: <https://u.to/rmNpIA> (дата обращения 20.02.2024).
6. *Панков, Д.Э.* Лазерная стереолитография (SLA): технология 3D-печати / Д.Э. Панков, И.А. Соломонов, А.М. Терин, А.К. Тутушкин. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 48 (338). – С. 48–49. – URL: <https://moluch.ru/archive/338/75621/>

МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ КАРКАС АНТЕННО-МАЧТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Мачты и башни связи - это важные инженерные сооружения, предназначенные для установки различных устройств, таких как метеорологические приборы, антенны, и датчики [1-7]. Они играют ключевую роль в обеспечении связи и передачи данных. В случае аварий или катастроф они могут служить важным средством координации действий спасательных служб.

Для создания этих конструкций производители используют разнообразные металлические профили, изготовленные из различных сталей. На это оказывают влияние условия эксплуатации конструкций: например, в местностях с низкими температурами необходимо применять морозостойкие стали.

Одним из важных аспектов является защита от коррозии, поскольку башни и мачты устанавливаются на открытом воздухе. Эти конструкции могут иметь различные высоты и геометрические формы в зависимости от их назначения. Например, высокие башни могут использоваться для передачи сигналов на большие расстояния, в то время как небольшие мачты могут устанавливаться для обеспечения связи в городских районах.

По функциональному назначению башни и мачты применяются для: организации эфирного и спутникового телевидения, радиосвязи, мобильной связи, организации телеметрии и систем удаленного доступа, беспроводной сети WiFi, электроэнергетики, освещения различных объектов.



Рис. 1 Башня мобильной связи

Башня – необходимый элемент инфраструктуры, который устанавливается как на крыше здания, так и собственном фундаменте. Башни обеспечивают надежную связь и передачу данных, играя ключевую роль в современных коммуникационных системах.

В отличие от мачты, башня не требует дополнительных растяжек и креплений, так как обладает собственной устойчивостью.

Внутри свободностоящего ствола башни находится специальная лестница, предназначенная для обслуживания технического оборудования. Это позволяет специалистам также выполнять обследование конструктивных элементов.

Ствол башни обычно представляет собой решетчатые конструкции в виде пирамиды, которая закрепляется у своего основания, работая как вертикальная консоль. Поэтому она обладают высокой устойчивостью и сопротивляемостью ветровым нагрузкам.

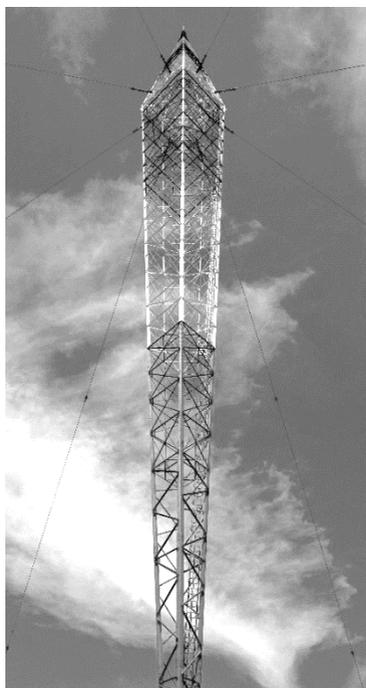


Рис. 2 Мачта для метеорологических приборов

Мачта же представляют собой решетчатую конструкцию в виде призмы, которая установлены вертикально с помощью растяжек. Ствол мачты состоит из нескольких секций, каждая из которых имеет примерно трехметровую длину, что позволяет сооружать такие металлические

конструкции разной высоты.

Кроме того, существуют телескопические и композитные мачты сотовой связи, причем последние отличаются повышенной устойчивостью и надежностью. При помощи мачтовых конструкций предоставляется возможность поднимать оборудование связи на большую высоту, что повышает качество приема сигнала.

Строительство металлических мачт необходимо для монтажа радиооборудования, антенн и рефлекторов, для установки оборудования электроэнергетики, трансляторов теле- и радиосвязи, телеметрических систем и оборудования беспроводной сети интернет и сотовой связи.

Антенно-мачтовое оборудование возводится двумя способами: монтаж в вертикальном положении из отдельных секций и сборка на стройплощадке с последующим подъемом согласно утвержденному проекту.

При горизонтальной сборке металлоконструкция поднимается при помощи падающих стрел или дополнительных временных мачт, а при вертикальной сборке используются самоподъемные краны и монтажные стрелы. Строительные работы выполняются монтажниками-высотниками, строго соблюдая правила техники безопасности, а по завершению монтажа проводится геодезический контроль.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Металлические конструкции. Справочник проектировщика / Под ред. Н.П.Мельникова – М.: Стройиздат, 1980. – 776 с.
2. *Иоскевич А.В., Савченко А.В., Егорова Е.С., Иоскевич В.В., Полянских М.А.* Пульсационные воздействия ветра на антенно-мачтовые сооружения в SCAD Office // Строительство уникальных зданий и сооружений, № 3 (30), 2015. С. 81-97.
3. *Евзеров И.Д., Лазнюк М.В., Нилова Т.А.* Расчет и проектирование мачт на оттяжках в среде ПК ЛИРА // Металлические конструкции. №1, том 15, 2009. С. 23-29..
4. *Г.Б. Броверман.* Строительство мачтовых и башенных сооружений. М.: Стройиздат, 1984г. – 256 с..
5. *Adlin Nelofer J., N. Saravana Kumar.* Finite Element Analysis of Guyed Masts under Seismic Excitation. India, 2016. Pp. 580-586.
6. *Закурдаева О.Н., Голиков А.В.* Повреждаемость антенно-мачтовых сооружений сотовой связи, Строительство уникальных зданий и сооружений, 2018, №4(67). С. 72-85.
7. *Краснощечков Ю.В.* Эффективность антенных опор, возводимых на ограниченной площади // Вестник СибАДИ, №5(27), 2012. С.60-65.

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ

Землетрясения – одни из самых опасных природных явлений, а сильные землетрясения способны разрушать дома и целые города. Причина такой разрушительной способности землетрясений кроется в том, что здания рассчитываются в основном на вертикальные статические нагрузки. Землетрясения же создают горизонтальные динамические силовые воздействия величиной, намного превосходящей расчетные значения эксплуатационных нагрузок. При этом появляются перемещения, которые приводят к разрыву конструкций несущих рам, и, как следствие, к обрушению зданий.

Строители с древних времен ищут способы повышения сейсмостойкости зданий. Усиление конструкций не всегда является эффективным решением, поскольку с увеличением массы здания или сооружения, увеличиваются и инерционные сейсмические нагрузки.

В настоящее время разработано множество инженерных решений для сейсмической защиты зданий [1-5]. Методы сейсмической защиты делятся на два вида: традиционные и специальные.

Традиционные методы основаны на выполнении ряда условий:

- здание не должно быть чрезмерно высоким или протяженным;
- распределение масс в сооружении должно быть равномерным;
- сооружение в плане должно быть центрально-симметричным.

Данные меры увеличения сейсмостойкости зданий и сооружений уже давно достигли своего предела, а при сильных землетрясениях они неэффективны и слишком затратны.

Специальные методы основываются на снижении сейсмических нагрузок с путём применения активной сейсмозащиты, которая включает в себя различные системы:

- сейсмоизоляции;
- адаптивные;
- демпфирования;
- гасителями колебаний.

Системы сейсмоизоляции основаны на уменьшении воздействия на сооружение от землетрясения путём устройства резинометаллических опор (чередующиеся слои резины и металла), устанавливаемых между несущими конструкциями здания и фундаментами. Для поглощения колебаний в таких опорах устраивают вертикальные свинцовые сердечники (рис. 1).

Кинематические опоры – это такие опоры, в которых между колоннами и фундаментами устанавливаются скругленные элементы (сфера или эллипсоид), позволяющие за счет их поворота смещение колонн (рис. 2).



Рис. 1. Резинометаллическая опора колонны



Рис. 2. Кинематическая опора

Подвесные опоры – это такие опорные конструкции, при которых надземные части здания подвешены на мощных тросах, закрепленных в фундаменте.

Скользящие пояса – это опоры несущих стен, состоящие из стальной пластины и фторопласта, дополненные упругими и жесткими ограничителями (демпферами) горизонтальных перемещений.

Адаптивные системы состоят из включающихся связей, располагаемых между элементами каркаса, которые за счет изменения жесткости и, как следствие, динамической схемы работы сооружения при колебаниях, не допускают возникновения резонанса. Система с включающимися связями применима в основном для зданий с жесткой конструктивной схемой, имеющих первый гибкий этаж (рис. 3).

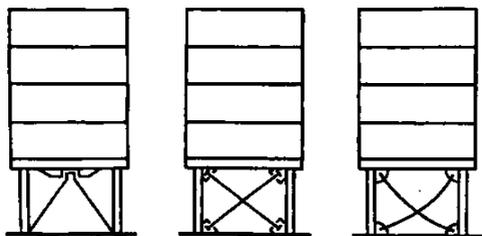


Рис. 3. Включающиеся связи

Системы демпфирования состоят из нескольких демпферов (цилиндры с поршнем) со вязкой жидкостью. При движении поршня происходит рассеивание сейсмической энергии (рис. 4). Применяются также гистерезисные демпферы, которые рассеивают сейсмическую энергию через трение и нагрев (рис. 5).

Гасители колебаний применяются для снижения уровня вибраций защищаемой конструкции. Это стальной или бетонный блоки, соединенные при помощи специального механизма с конструкцией

здания. По характеру взаимодействия гасителя с защищаемой конструкцией они могут быть ударными и динамическими (рис. 6).

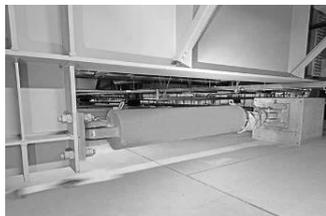


Рис. 4. Вязкий демпфер



Рис. 5. Демпфер сухого трения



Рис. 6. Динамический гаситель колебаний

Землетрясение - это стихийное бедствие, причиняющее значительный материальный ущерб и вызывающее человеческие жертвы.

Поэтому очень важно научиться противостоять настолько мощному природному явлению и обеспечивать безопасность людей, проживающих и работающих в сейсмоопасных зонах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Тарасов В.А., Барановский М.Ю., Редькин А.В., Соколов Е.А., Степанов А.С.* Системы сейсмоизоляции // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №4 (43). С. 117-140.
2. *Bath e K.G., Wilson E.L.* Stability and Accuracy Analysis of Direct Integration Methods *N Earthquake Engng. and Struct. Dyn.* 1983, Vol. 1. P. 283-291.
3. *Hadjian A.H.* Seismic Response of Structures by the Response Spectrum Method *UNucl. Engng. and Des.* 1981. Vol. 66, No 2. P. 179-201.
4. *Чигринская Л.С.* Сейсмостойкость зданий и сооружений / Учебное пособие. — Ангарск: Изд-во АГТА, 2009.- 107 с.
5. *Смирнов В.И.* Современная защита от землетрясений // Высотные здания. 2008. Вып.4. С. 110-115.

*Студентка магистратуры 1 года обучения 10 группы ИЭУКСН
Дворцова А.С.*

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, доц. А.Ю. Ушаков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ВЫСОТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Деревянное строительство получает все большую популярность в современном мире, особенно в контексте высотного строительства. Это перспективное направление, которое сочетает в себе экологическую устойчивость и эстетическую привлекательность.

Данный тренд обусловлен несколькими факторами, включая экологическую устойчивость, энергоэффективность, эстетическую привлекательность и техническую прогрессивность данного строительного материала. Деревянные конструкции обладают высокой прочностью, устойчивостью к различным нагрузкам и способностью справляться с экстремальными погодными условиями. Кроме того, использование дерева в строительстве способствует снижению выбросов углерода и улучшению качества воздуха в городах.

С учетом данных факторов, деревянное строительство становится привлекательной альтернативой традиционным материалам, таким как бетон и сталь, и открывает новые возможности для создания устойчивых и инновационных высотных сооружений.



Рис.1 Несущие деревянные конструкции высотного здания

Однако, для успешной реализации таких проектов необходимо обеспечить высокую прочность и надежность конструкций. В связи с этим, существует необходимость в проведении сравнительного анализа механических свойств различных типов деревянных панелей [1-7].

Для проведения сравнительного анализа были выбраны три типа деревянных панелей: LSL-панели, CLT-панели и LVL-панели.



Рис.2 Схематичное изображение деревянных конструкций; а - CLT – панель, б - LVL – панель, в - LSL – панель

Laminated Strand Lumber (LSL), или ориентированно-стружечные панели изготавливаются путем комбинирования параллельно расположенной древесной стружки толщиной 0,8 мм и длиной 30 см с помощью связующего вещества, такого как клей или смола. изготавливают склеиванием. Толщина плит составляет 32-89 мм, длина – до 11 м.

Cross-Laminated Timber (CLT) — это многослойные деревянные панели, состоящие из перекрещенных слоев древесины, склеенных между собой под высоким давлением и тепловой обработкой. Ширина готового изделия в диапазоне от 60 до 400 см и длина до 24 м. Панель состоит из 3 до 12 слоев, в следствие чего может иметь толщину в пределах от 6 до 35 см.

Laminated Veneer Lumber (LVL) — это конструкционные панели, состоящие из слоев тонких фанерных листов, склеенных под высоким давлением и температурой. Изготавливают из однонаправленного шпона толщиной 3 мм. Толщина плит составляет 20-90 мм, длина до 23 м.

Все три типа деревянных панелей обладают высокой прочностью и надежностью. Однако, наблюдаются некоторые различия. LSL-панели обладают высокой прочностью на изгиб и сжатие. CLT-панели, в свою очередь, обладают высокой прочностью на растяжение и сдвиг. LVL-панели сочетают в себе преимущества двух предыдущих типов панелей.

Область применения конструкций:

- *Кровля:* стропильные конструкции большого пролета; многопролетная обрешетка в зальных конструкциях.
- *Стены:* вертикальные стойки в деревянных каркасных стенах, несущие и ограждающие элементы стен
- *Горизонтальные элементы:* ригели, перемычки, колонны, верхние шнуры, карнизные балки и подошвы.

- *Перекрытия*: организации больших пролетов (более 8м) в частном домостроении.

- *Реконструкция*: установка панелей LVL панелей на старые лаги. Этот метод обеспечивает жесткую конструкцию и может быть использован для улучшения общей жесткости здания.

Использование деревянных конструкций в высотном строительстве представляет собой перспективное решение с точки зрения экологической и экономической эффективности[8]. Однако для успешного применения этих конструкций в строительстве необходимо учитывать особенности конкретного проекта и обеспечить соответствующую технологическую поддержку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Латыпов, В.М.* Конструкции из дерева и пластмасс: Учеб. пособие / В.М. Латыпов. - Уфа: Изд-во «Монография», 2005. - 104 с.
2. *Крестьянникова А.Ю., Юминова М.О.* Материалы и конструкции для строительства деревянных зданий // Наука через призму времени. 2017. № 9 (9). С. 42-51.
3. *Андреев И.* LVL брус — что это такое? / Андреев И. [Электронный ресурс] // Технониколь : [сайт]. — URL: <https://nav.tn.ru/knowledge-base/materialy/pilomaterialy-i-derevyannaya-otdelka/lvl-brus-cto-eto-takoe/?ysclid=lsngsm0tt9303270836> (дата обращения: 13.02.2024).
4. *Pulakka S., Varesa S., Nykänena E., Saarib M., Häkkinena T.* Lean production of cost optimal wooden nZEB . Energy Procedia. Vol. 96. 2016. Pp. 202–211.
5. *Němeček M., Kalousek M.* Influence of thermal storage mass on summer thermal stability in a passive wooden house in the Czech Republic. Energy and Buildings. Vol. 107. 2015. Pp. 68–75.
6. *Carosio F., Cuttici F., Medina L., Berglund L.A.* Clay nanopaper as multifunctional brick and mortar fire protection coating—Wood case study. Materials & Design. Vol. 93. 2016. Pp. 357–363.
7. *Peng L., Ni Zh., Huang X.* Review on the fire safety of exterior wall claddings in high-rise buildings in china. Procedia Engineering. Vol. 62. 2013. Pp. 663-670.
8. *Михалева С.А.* Деревянные высотки в России - инновационный взгляд на современное строительство // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №4-7(46). С. 19-21.

УСИЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В современной строительной отрасли наблюдается глобальная тенденция к снижению материальных затрат на усиление строительных конструкций зданий и сооружений. Особенно это актуально при проведении капитального ремонта и реставрации, когда требуется найти инновационный, более легкий в реализации способ, который отличался бы от других видов ремонтных работ [1-7].

Одним из возможных решений является использование инновационных материалов с более высокой прочностью и легкостью, которые при этом были бы доступны по цене. Такие материалы позволят снизить расходы на строительные работы и обеспечат достаточную надежность и долговечность конструкций.

Таким образом в России уже с 1988 года усиление конструкций зданий и сооружений осуществляется не только стандартными методами, но и с помощью углепластиковых композитных материалов, которые увеличивают несущую способность усиливаемой конструкции и воспринимают значительные усилия.

Клеящим веществом, при использовании в конструкционных приложениях, являются вещества с высокой адгезией. Основу таких материалов составляют эпоксидные смолы или минеральные составные. Высокие параметры волокна, в свою очередь, способствуют повышению несущей способности конструкции, не изменяя её объема и не привлекая дополнительные нагрузки на здание. Важно отметить, что эти факторы играют существенную роль в обеспечении прочности и устойчивости сооружений, что имеет особую важность в различных отраслях, таких как строительство, авиация, машиностроение и другие. Таким образом, применение клеящих веществ, основанных на эпоксидных смолах или минеральных составных, является надежным и эффективным решением для создания прочных и устойчивых конструкций, способных выдерживать большие нагрузки и долговременно служить без потери качества.

Углеродное волокно используют для усиления конструкций зданий и сооружений из металла, дерева и камня, но чаще всего его применяют при повышении несущей способности конструкций из железобетона.

На данный момент используют 3 технологии усиления железобетонных конструкций с использованием углеволокна:

Применение холстов из углеродного волокна, для укрепления ригелей, балок и колонн (Рис. 1а).

Использование сеток из углеродного волокна, применяется чаще всего в железобетонных конструкциях (Рис. 1б).

Использование лент из углеволокна, для улучшения несущей способности пролетных построек и мостов (Рис. 3).



а



б



в

Рис.1. а - усиление ж/б ригеля холстами из углеродного волокна, б - усиление ж/б перекрытий сеткой из углеродного волокна, в - усиление моста лентами из углеродного волокна

Для монтажа углеродных лент существуют два метода: «сухой» и «мокрый». При «сухом» методе на поверхность основания наносится слой адгезива, после чего лента прижимается к основанию. Отличие «мокрого» метода заключается в том, что не только основание пропитывается адгезивом, но и сам материал перед применением.

Однако монтаж углеродной сетки выполняется по другой технологии. Сначала на влажную поверхность бетона наносится слой полимерного состава, потом прикладывается углеродная сетка, а дальше после технологической паузы наносится закрывающий слой полимерцемента.

Усиление железобетонных конструкций углеволокном играет важную роль в достижении ряда целей. В первую очередь, оно позволяет заделывать трещины, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации. Это важно для обеспечения надежности и безопасности конструкций.

Вторая цель усиления заключается в устранении прогибов и других

деформаций, которые могут возникать со временем. Постоянные нагрузки, воздействие окружающей среды и другие факторы могут вызывать деформации, что негативно сказывается на качестве и долговечности конструкций.

Усиление железобетонных конструкций углеволокном также важно для защиты от коррозии и других внешних воздействий, таких как температура, влага и др. Коррозия может вызывать постепенное разрушение арматуры, что в свою очередь может привести к ослаблению и разрушению несущих элементов конструкций. Усиление позволяет создать дополнительную защиту от этих внешних факторов, повышая долговечность и надежность конструкций.

Кроме того, сейсмические нагрузки могут быть существенными и вызывать деформации и разрушения в зданиях. Усиление вышеизложенным методом позволяет повысить сейсмостойкость конструкций зданий и сооружений, не увеличивая их массу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Варшавский, В. Я.* Углеродные волокна / В. Я. Варшавский. – Москва: ФГУП ПИК ВИНТИ, 2007. – 500 с.
2. *В. Косарев, В. И. Вавилов, Н. Ю. Болдырев [и др.]* Анализ достоинства и недостатков способа усиления железобетонных конструкций при помощи композитных материалов из углеволокна // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 11. – С. 155-159
3. Гапонов В.В. Усиление изгибаемых железобетонных конструкций подземных сооружений композиционными материалами // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. - №12. – С. 238-246.
4. *Туктарова, Ю.* Композиционные материалы в строительстве / Ю. Туктарова // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2018. – № 3-4. – С. 10-11.
5. Структурно-механические свойства высокопрочных углеродных волокон / В. Б. Литвинов, Л. П. Кобец, М. С. Токсанбаев [и др.] // Композиты и наноструктуры. – 2011. – № №3. – С. 1-20.
6. *Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С.* Анализ экспериментальных исследований по усилению железобетонных конструкций полимерными композитными материалами. Часть 1. Отечественные эксперименты при статическом нагружении // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №3 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/24TVN316.pdf>
7. *Клюев С.В.* Усиление и восстановление конструкций с использованием композитов на основе углеволокна // Бетон и железобетон. – 2012. – №3. – С. 23 – 26.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМ КОЛЕБАНИЙ ПЛИТ НА ТОЧЕЧНЫХ ОПОРАХ

Для сейсмических расчетов точечно-опертых плит, применяемых в конструкциях зданий и сооружений [1-7], практический интерес представляет определение их динамических характеристик, форм собственных колебаний.

С этой целью производились экспериментальные исследования на моделях стальных квадратных плит, опертых на четыре точечных опоры с шарнирными и защемленными опорными устройствами, при различных расположениях координат точечных опор.

Квадратные плиты имели размеры 1200x1200 мм и толщиной 8 мм (рис.1). Сплошные плиты (рис. 1а) с координатами расположения точечных опор $X_c=Y_c=580, 400$ и 300 мм обозначались П-1, П-2, П-3, плиты с квадратными отверстиями (рис. 1б), соответственно П-4, П-5, П-6, а плиты с прямоугольными отверстиями (рис. 1в) - П-7, П-8, П-9.

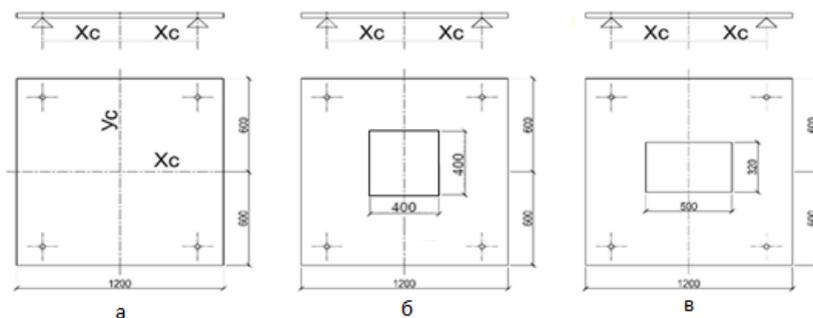


Рис. 1 Модели плит

Ввиду того, что все типоразмеры плит использовались в условиях шарнирного и защемленного опирания, в дальнейшем изложении к обозначениям плит с шарнирными опираниями добавились буквы «ш» (П-1ш; П-2ш и т.д.), а к плитам с защемленными опорами - «з» (П-1з; П-2з и т.д.).

Для построения форм колебаний плит на 170 точках их поверхности измерялись прямолинейные перемещения. По осциллограммам перемещений были построены I, II и III формы колебаний плит (рис. 2-5).

Ввиду незначительного влияния форм и размеров отверстий на

динамические характеристики плит, ниже приводятся только некоторые результаты испытаний сплошных плит.

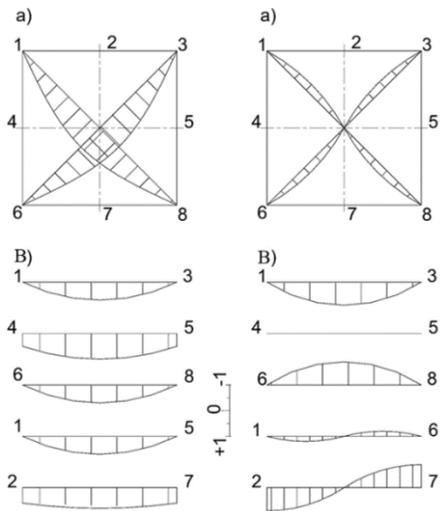


Рис.2

Рис.3

Ввиду незначительного влияния форм и размеров отверстий на динамические характеристики плит, ниже приводятся только некоторые результаты испытаний сплошных плит.

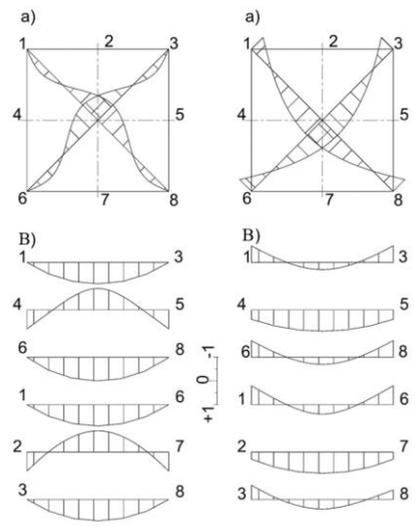


Рис.4

Рис.5

Первая форма колебания сплошной плиты (П-1ш) по ее отдельным осям в виде осевых линий показана на рис. 2. При совместном рассмотрении построенных осевых линий (рис. 2 а и б) можно заметить, что I форма колебаний плиты представляет собой двустороннюю оболочку, опертую на четыре точки. II и III формы колебаний плит (рис. 3 и 4) в пространстве представляют собой оболочки с положительной и отрицательной кривизной, опертые на четыре точки. I форма колебаний плиты с консольными частями (П-2ш) также представляет собой двустороннюю оболочку (рис. 5).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Андреанов, И. В.* Асимптотические методы в теории колебаний балок и пластин / *И. В. Андреанов, В. В. Данишевский, А. О. Иванков.* – Днепропетровск: ПДАБА, 2010. – 216 с. – ISBN 978-966-323-064-1.
2. *Жукьян, П. П.* Расчет железобетонных плит. Опертых по контуру / *П. П. Жукьян* // Вестник полоцкого государственного университета. – 2014. – № F. – С. 54-58.
3. *Коробко, А. В.* Определение жесткости и основной частоты колебаний защемленных по контуру пластинок / *А. В. Коробко, С. Ю. Савин, С. А. Филатова* // Технология текстильной промышленности. – 2016. – Т. №3, № 363. – С. 290-295.
4. *Марфин, К. В.* Взаимосвязь максимальных прогибов и собственных частот поперечных колебаний составных пластин на податливых связях: специальность 05.23.17 "Строительная механика": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / *Марфин Кирилл Васильевич.* – Орел, 2015. – 145 с.
5. *Ильгамов, М. А.* Изгибные колебания пластины при изменении среднего давления на ее поверхностях / *М. А. Ильгамов* // Акустический журнал. – 2018. – Т. 64, № 5. – С. 598-604.
6. *Травуш В.И., Сангаджиев В.К.* Об изгибе прямоугольной плиты со свободным контуром на упругом основании // Строительная механика расчет сооружений. 1986. - №6. – С. 24-28.
7. *Чернов Ю.Т., Парамонов Е.Е.* Расчет отдельно стоящей фундаментной плиты на нагрузку от промышленного оборудования // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 1. С. 39-45. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.01.39-45.

*Студентка магистратуры 1 года обучения 5 группы ИПГС
Гатиатуллина Р.А.*

Научный руководитель – доцент кафедры «Архитектурно-строительное проектирование и физика среды», кандидат технических наук Л.Ю. Гнедина

КОНСТРУИРОВАНИЕ НАРУЖНЫХ СТЕН ИЗ ЛСТК. УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАГРУЗОК

В связи с возможностью значительного сокращения сроков строительства и реализацией нетиповых архитектурных решений легкие стальные тонкостенные конструкции, обладающие высокой несущей способностью, находят широкое применение в жилищном строительстве.

Наружные стены здания из ЛСТК монтируются укрупненными элементами – стеновыми панелями [1-9].

В процессе конструирования (и проектирования) принимают участие архитектор, инженер-конструктор и производитель.

Задачи архитектора	Задачи инженера-конструктора	Задачи производителя
- Выбор материалов - Определение максимально допустимого расстояния между стойками и их минимальную толщину; - Определение горизонтального предельного прогиба от действия ветровой нагрузки	- Расчет несущей способности ЛСТК - Расчет анкерного крепления - Разработка конструктивных решений по усилению конструкций - Определение количества винтов для крепления элементов	- Содействие архитектору в определении максимально допустимого расстояния между стойками и их минимальной толщины.

Стойки стеновых панелей наружных стен - стоечный термопрофиль, располагаемый со стандартным шагом 600 мм (так как все обшивные и теплоизоляционные материалы кратны 600 мм).

Вертикальные стойки устанавливаются на опоре в швеллерный направляющий термопрофиль и накрываются сверху таким же швеллерным направляющим термопрофилем.

Пространство между стойками заполняется эффективным утеплителем. Толщина стены в таких зданиях обусловлена толщиной утеплителя в целях обеспечения необходимых требований по тепло- и звукоизоляции.

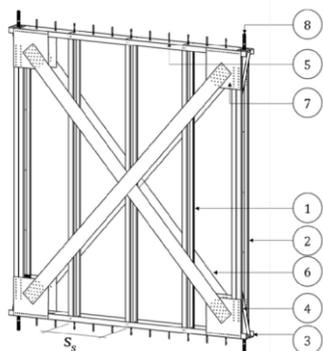
Соединение элементов каркаса осуществляется на самосверлящих самонарезающих винтах. Тип, размер и количество винтов определяется

расчётом исходя из конкретных условий строительства: материала соединяемых элементов, расчётных сопротивлений винта, конструктивных решений.

Между смежными стойками соседних панелей создают уплотнительный шов лентой из пенополиэтилена (ППЭ) толщиной 4-8 мм. Для этого крайние стойки стеновых панелей смещают внутрь на 2-4 мм.

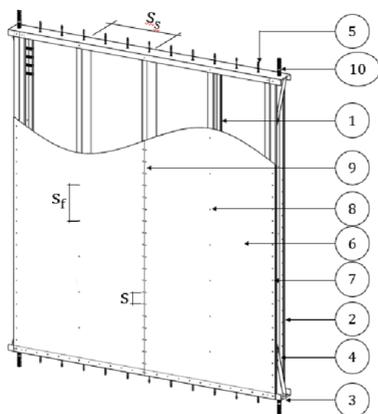
В стеновых панелях из тонкостенных оцинкованных профилей вертикальные нагрузки воспринимаются стойками, которые передают эти нагрузки на фундамент.

Однако, в случае строительства каркасного здания из ЛСТК в сейсмически активных зонах необходимо обеспечить устойчивость наружных стен к восприятию горизонтальных нагрузок (ветровым, сейсмическим).



1. Профиль стоечный
2. То же, крайний
3. Профиль направляющий
4. Усилитель
5. Самосверлящие винты
6. Диагональные стальные ленты
7. Угловые элементы крепления крестовых связей
8. Предварительно напряженные анкеры

Рис.1. Внутренний каркас



1. Профиль стоечный
2. То же, крайний
3. Профиль направляющий
4. Усилитель
5. Самосверлящие винты
6. Обшивка (гипсокартонные листы или цементно-стружечные плиты)
7. Крепежный элемент (винт) по краям обшивки
8. То же, в середине
9. Соединительный элемент
10. Предварит. напряженные анкеры

Рис.2. Каркас с обшивкой

В России к зонам, где наблюдались землетрясения интенсивностью от 7 до 9 баллов по шкале MSK-64, относятся Байкальская рифтовая и Курило-Камчатская зоны, Алтай и Саяны, Сахалин, Приамурье и Приморье, Чукотка и Корьякское нагорье, Северный Кавказ.

Сопротивление сейсмическому воздействию конструкций из ЛСТК обеспечивается с помощью крестообразной связи из стальных лент в полностью стальных пространственных каркасах или панелей наружной и внутренней обшивок в каркасно-обшивных системах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альбом технических решений / Технология строительства на основе легких стальных тонкостенных конструкций; ООО «Арсенал СТ» - Смоленск, 2018. – 120 с.
2. Пособие по проектированию строительных конструкций малоэтажных зданий из стальных холодногнутых оцинкованных профилей (ЛСТК) / [АРСС, Ассоциация развития стального строительства]; под редакцией Назмеевой Т. В. – Санкт-Петербург: Первый ИПХ, 2021. – 238 с. :
3. Бубис А.А., Гизятуллин И.Р., Дотмуев А.И., Назмеева Т.В. Сейсмостойкость зданий из каркасно-обшивных конструкций с каркасом из стальных холодногнутых оцинкованных профилей. Вестник НИЦ «Строительство». 2021;31(4):98-109. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-4\(31\)-98-109](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2021-4(31)-98-109)
4. Lopes, D.M.; Duarte, A.P.C.; Silvestre, N. Experimental Investigation of Light Steel Framing Walls under Horizontal Loading. Buildings 2023, 13, 193. <https://doi.org/10.3390/buildings13010193>
5. Landolfo, Raffaele. (2019). Lightweight steel framed systems in seismic areas: Current achievements and future challenges. Thin-Walled Structures. 140. 114-131. 10.1016/j.tws.2019.03.039
6. CSSBI 57-2002, «Lightweight Steel Framing. Architectural Design Guide», Canadian Sheet Steel Building Institute, 2002
7. Советников Д.О., Виденков Н.В., Трубина Д.А. Легкие стальные тонкостенные конструкции в многоэтажном строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №3(30). С. 152-165.
8. Enrico de Angelis, Ermanno Serraa. Light steel-frame walls: thermal insulation performances and thermal bridges. Energy Procedia. 2014. Vol. 45. Pp. 362–371.
9. Trubina D.A., Abdulaev D.A., Pichugin E.D., Rybakov V.A. Geometric nonlinearity of the thin-walled profile under transverse bending . Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. pp 1133-1139.

*Студент магистратуры 1 года обучения 3 группы ИПГС Кайтуков А.И.
Студент магистратуры 1 года обучения 2 группы ИПГС Харчилова
М.Т.*

*Научный руководитель – доц. каф. АСПФС, канд. техн. наук Л.Ю.
Гнедина*

АНАЛИЗ ВИДОВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

В настоящее время исследования на тему влияния пониженных температур на ограждающие строительные конструкции являются актуальными в связи с необходимостью освоения зоны Крайнего Севера, занимающего 70% от общей территории Российской Федерации, в которой проживает около 7% населения государства.

В начале дадим определение понятию ограждающей конструкции — это элемент конструкций, составляющий наружную оболочку здания или разделяющий его на отдельные помещения. Ограждающие конструкции делятся на горизонтальные и вертикальные. В данной работе мы рассмотрим вертикальные наружные ограждающие конструкции. Одним из основных свойств ограждающих конструкций является её долговечность.

Переходя к рассмотрению ограждающих конструкций, стоит отметить работу [1], в которой были приведены основные виды ограждающих конструкций, таких как двухслойная стена, трёхслойная стена и внешние ограждающие конструкции с вентилируемыми фасадами.

Рассматривая каждый из видов вышеупомянутых ограждающих конструкций можно заметить, что отличающейся чертой является различие во внешнем ограждающем слое, влияющем на дальнейшее поведение стены под различными сложными климатическими факторами. Говоря о сложных климатических условиях, подразумевается низкие температуры и повышенную влажность, влияющие на комфортную жизнь людей, что было отражено в работе [2].

Влияние температурно-влажностного режима на ограждающие конструкции нашло описание в работе [3-8], и включает разрушение поверхностного облицовочного слоя стены, в следствии чего появляется необходимость дальнейших ремонтно-восстановительных работ или же капитального ремонта всего ограждения. Главной же причиной разрушения конструкций из пористых материалов является скопление влаги в порах материалов и последующее попеременное замерзание и оттаивания конструкции, что наиболее распространено и заметно в условиях Крайнего Севера.

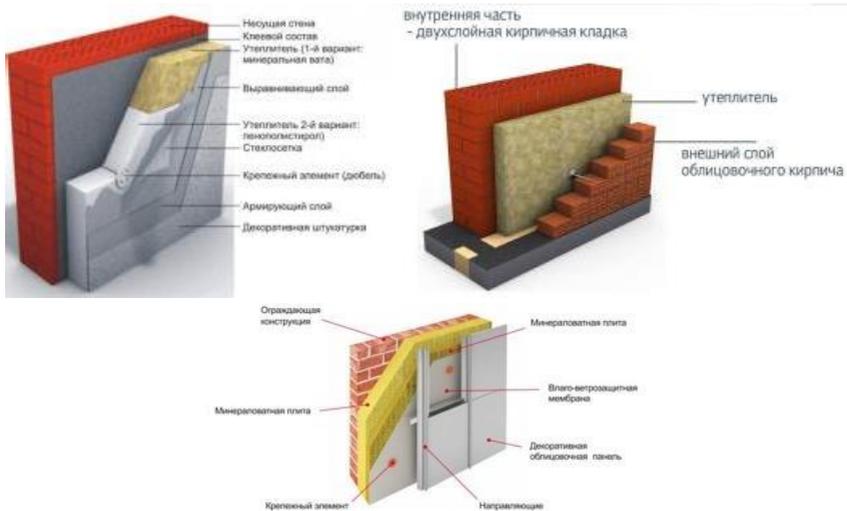


Рис. 1. Виды внешних ограждающих конструкций. Стена двухслойная, трёхслойная, с вентилируемым фасадом.

В ходе исследования, были проанализированны результаты расчётов зоны конденсации четырёх типов опытных образцов:

- Трёхслойная железобетонная стена
- Трёхслойная керамзитобетонная стена
- Двухслойная кирпичная стена
- Трёхслойная кирпичная стена

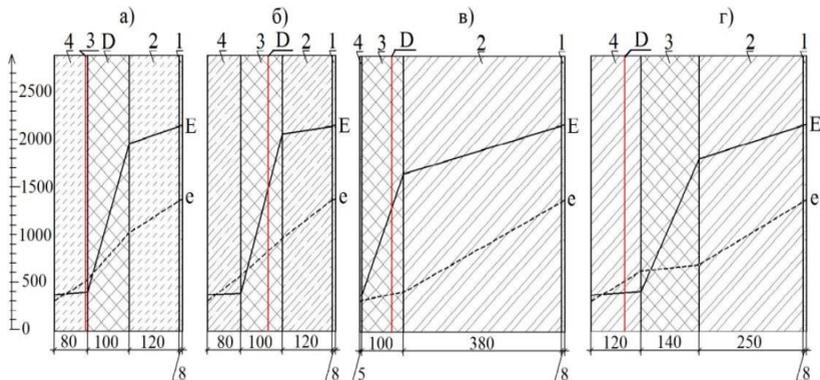


Рис. 2. Зоны конденсации и зоны резких колебаний температур в ограждающих конструкциях.

Исходя из результатов сделан вывод, что зона конденсации отсутствует лишь у образца двухслойной кирпичной стены с наружным утеплением, следовательно влияние циклов замораживания и оттаивания сводиться к минимуму, в следствии чего конструкция менее подвержена

разрушению облицовочного слоя.

Таким образом, к перспективам дальнейших исследований можно отнести более подробное изучение влияния пониженных температур на защиту от разрушения внешних ограждающих конструкций с учётом различных видов материалов, создание относительно простых методов определения необходимой морозостойкости ограждающих конструкций, учитывающих как срок эксплуатации здания, так и температуру окружающего воздуха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследования различных видов наружных ограждающих конструкций в монолитном домостроении : статья в журнале – научная статья / Замолоцких П. С., Бобрешов А. В., Данкер М. П., Грошев А. Е., Мушкин А. В. – Воронеж, 2012. – с. 62-65.
2. Тренд развития и формирования жилой среды поселений на склоновом рельефе в условиях Арктической зоны РФ : статья в журнале – научная статья / Коробейникова А. Е., аспирант, ст. пр. – Москва, 2019. – с. 26.
3. Влияние климатических воздействий на температурно-влажностное состояние поверхностных слоев многослойных наружных ограждающих конструкций здания : статья в журнале – научная статья / А.Г. Перехоженцев, докт. техн. наук, И.Ю. Груздо, соискатель научной степени канд. техн. наук – Волгоград, 2016.
4. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87.
5. *Гориков А. С., Рымкевич П. П., Ватин Н. И.* Моделирование процессов нестационарного переноса тепла в стеновых конструкциях из газобетонных блоков // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 8(52). С. 38–48.
6. *Кнатъко М. В., Гориков А. С., Рымкевич П. П.* Лабораторные и натурные исследования долговечности (эксплуатационного срока службы) стеновой конструкции из автоклавного газобетона с лицевым слоем из силикатного кирпича // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 8(10). С. 20–26.
7. *Умнякова, Н. П.* Долговечность трехслойных стен с облицовкой из кирпича с высоким уровнем тепловой защиты / Н. П. Умнякова // Вестник МНСУ. – 2013. – № 1. – С. 94–100.
8. *Желдаков, Д. Ю.* Сегментный метод расчета распределения температуры по сечению ограждающей конструкции здания / Д. Ю. Желдаков, А. А. Фролов // Жилищное строительство. – 2017. – № 6. – С. 36–39

Студент 2 курса 20 группы ИИЭСМ Балагов М.К.

Научный руководитель – доцент кафедры «Архитектурно-строительное проектирование и физика среды», кандидат технических наук Л.Ю.Гнедина

СМЕНА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЗДАНИЯ: ПРИМЕРЫ УСПЕШНОЙ ЗАМЕНЫ

В каждом городе находятся здания, которые уже пережили свой век. Такие здания мешают архитектуре города и могут быть опасными. К сожалению, реставрация, реконструкция, реновация и остальные подобные типы строительных работ зачастую пренебрегаются. В данном исследовании на нескольких примерах показано, что старые конструкции можно применять по-разному в новом и постоянно развивающемся обществе [1-5].

Экспозиционно-выставочный комплекс «Вселенная Воды»

Рассмотрим уникальный комплекс в Санкт-Петербурге. Музейный комплекс «Вселенная Воды» (рис.1) был создан на месте старой водонапорной башни, возведенной в 1859-1861 гг. архитекторами Э.Г. Шуберским и И.А. Мерцем. Санкт-Петербургский Водоканал в 2001–2002 годах провел капитальный ремонт, привел здание к условиям нормальной эксплуатации и буквально «оживил» заброшенную водонапорную башню.

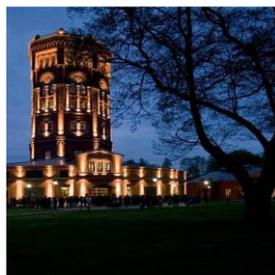


Рис.1 Экспозиционно-выставочный комплекс «Вселенная Воды».

Реконструкция была осуществлена архитектурным бюро «Интерколумниум». Данный проект стал первым петербургским опытом возрождения старинного промышленного здания и придания ему новой функции.

Хлебозавод № 9(рис.2)

В Советском Союзе в 1934 г. был построен Хлебозавод №9 (автор - инженер-механик Георгий Марсаков). Завод был предназначен для производства крупноразвесного хлеба, позже в 1980-ом г. завод был модернизирован и начал выпускать хлеб уже стандартного веса, в 1990-

ых реконструирован и закрыт, в 2015-ом г. вследствие неудовлетворительного менеджмента, завод был куплен инвестором Михаилом Маловым, который погасил все долги завода и реконструировал предприятие. Сейчас на территории хлебозавода открыты кафе, магазины и арт-салоны. Также в отреставрированном здании завода проходят лекции и культурные мероприятия.



Рис.2 Хлебозавод № 9
(г.Москва,
Новодмитровская ул., 1)

Винзавод (рис.3)

В начале XIX века в 1805 г. купец Никифор Прокофьев приобрёл усадьбу княгини Волконской, на территории которой в 1810-ом г. решил открыть небольшую медо-пивоваренную фабрику. Позже её купил ещё один купец — Фридрих Даниельсон. Он пристроил к жилому зданию флигель, где открыл двухэтажный пивоваренный завод и солодовню. Так этот завод переходил из рук в руки ещё нескольким владельцам и только в конце XX века производство закрыли. Однако, в 2004 г. новый владелец ООО «МВК-Эстейт», увидел в этом предприятии потенциал и открыл на его территории арт-центр. Так был создан Центр Современного искусства ВИНЗАВОД. Большинство старых помещений, где когда-то создавалось вино, теперь было занято галереями и выставочными залами. Сегодня это один из самых популярных арт-кластеров Москвы.

Старое здание Королевского музея Онтарио — новый корпус.

Хорошим примером также является Королевский музей в Онтарио. Сейчас этот музей входит в топ 10 культурных учреждений Северной Америки и является ведущим институтом полевых исследований в стране. Оригинальное здание было спроектировано архитекторами Фрэнком Дарлингом и Джоном А. Пирсоном и представляло собой синтез итальянского и неороманского стилей. Когда музей перестал



Рис.3 Винзавод (г. Москва, 4-й
Сыромятнический пер., 1, стр. 6)

удивлять современников своим видом, Даниэль Либескинд разработал новое многомиллионное расширение, которое назвали “Майкл Ли-Кристалл Чин”. Построенный в форме кристалла в 2007 году новый корпус Королевского музея обошелся в 270 млн. долларов, но оправдал все ожидания: проект стал одним из самых запоминающихся примеров сочетания радикально новой архитектуры с исторической.



Рис.4 Старое здание Королевского музея Онтарио — новый корпус

Вывод

Приведенные примеры убедительно доказывают, что при бережном к истории и грамотном подходе можно сохранить и преобразовать старые здания, придав им новую жизнь и значимость для общества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лепель А.* Изменение функции промышленных зданий. Обследование // Архитектура и гражданское строительство. – 2006. – Том. 4. – С. 71-84.
2. *Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б.* Особенности обследовательских работ и оценки сейсмостойкости здания XIX века постройки // Международный научный институт «Educatio». Ежемесячный научный журнал. – Новосибирск. – 2015. – № 3(10). – С. 45-49.
3. *Жиленко О.Б., Алексеенко В.Н.* Опыт реставрации объектов культурного наследия в сейсмических районах / В. Н. Алексеенко, О.Б. Жиленко // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. Вып. 12 (39). – С. 57-75.
4. *Alekseenko V.N., Zhilenko O.B.* Seismic stability of the restored architectural monument. Magazine of Civil Engineering. 2016. No. 7. Pp. 31-38. doi: 10.5862/MCE.67.4
5. *Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б.* Прогнозная оценка сейсмостойкости незавершенных строительством объектов недвижимости // Строительство и архитектура. – Самара. – 2019. – №3. – С.4-12.

ВИДЫ ТРОСОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Под наименованием трос понимают витое или крученое изделие. Тросы делаются из различных материалов, которые можно разделить на несколько групп: растительные, синтетические и стальные. Самые дешевые и доступные, такие как: джутовые, пеньковые и хлопковые делаются из растительных материалов. Продукция из растительных волокон имеет преимущество в качестве низкой цены, но также ряд существенных недостатков. Такие тросы боятся резких перепадов температуры, повышенной влажности, что очень ограничивает диапазон их применения. Синтетические тросы так же подразделяются на несколько групп: полиамидные, полипропиленовые, полиэстеровые. Они не подвержены гниению и значительно прочнее тросов из растительных материалов. Однако, они так же обладают недостатками: электризуемость, потеря прочности при воздействии ультрафиолета. Одним из существенных недостатков является высокая цена.

Наиболее широкое применение в строительстве нашли стальные тросы [1-6]. Их изготавливают из стальной проволоки, вытянутой из углеродистой стали, а затем оцинковывают. Чтобы обеспечить прочность и гибкость каната, проволоки скручивают в пряди. Чтобы получить ровные прямые пряди, их пропускают через специальные правильные станки. В некоторых видах стальных тросов имеется пеньковый сердечник, который пропитывается специальной смазкой. Для обеспечения требуемых геометрических параметров и равномерного распределения нагрузки канат должен пройти калибровку и выравнивание с использованием специальных роликов. Для уменьшения трения между прядями и продления срока службы каната, наносят смазку, это является завершающей стадией производства.

Стальные тросы могут работать в очень широком температурном диапазоне, обладают высокой прочностью и долговечностью, могут выдерживать высокие динамические нагрузки, а повреждения троса легко увидеть при обычном осмотре.

К недостаткам относится непереносимость агрессивных сред из-за возможности возникновения коррозии, также стальные тросы значительно тяжелее синтетических. При динамических нагрузках могут растягиваться, что иногда приводит к разрыву стальных нитей и самого троса, что может серьезно ранить человека.

Стальные тросы имеют 4 основных компонента. Основным элементом каната, образующим пряди, является проволока. Из нескольких свитых между собой проволок образуются пряди. Пряди скручиваются вокруг сердечника, который дает жесткость канату и работает как масленка. Смазка применяется для защиты от коррозии и истирания, а также придания гибкости канату.

Канаты подразделяются по количеству свитых слоев. При одинарной свивке проволоку свивают в один слой, в отдельную прядь. При двойной свивке проволоку скручивают в пряди, а затем пряди скручивают между собой. Затем проволока скручивается в пряди, пряди скручиваются в трос, а трос обкручивается вокруг сердечника, тем самым получается тройная свивка.

Для крепления и соединения стальных канатов требуется специальные приспособления, которые могут обеспечить надежную фиксацию каната. Крепления каната могут выполнять функции: ремонтные соединения двух канатов и эксплуатационные соединения канатов с элементами машин.



Рис. 1. Компоненты троса

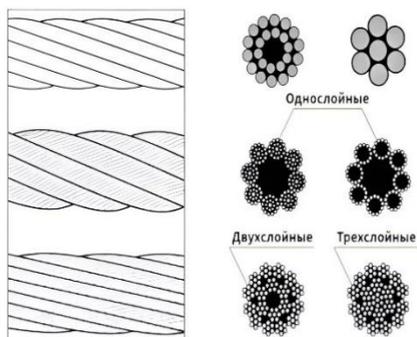


Рис. 2. Виды свивки

В зависимости от назначения, величины нагрузки и конструкции каната определяется способ крепления. Крепления могут быть разъемными и неразъемными. Существуют следующие виды креплений: винтовые зажимы, плашки различных конструкций; заплетки; коуши с заливкой; опрессовка; клиновый зажим.

Самым распространенным способом при соединении канатов являются винтовые устройства с плашечными элементами.

Стальные канаты очень широко используются в несущих конструкциях зданий.

Таблица 1.

Области применения и механические свойства стальных канатов.

Конструктивные элементы сооружений	Требуемые характеристики механических свойств
Несущие конструкции, выполняемые без перегибов в узлах (ванты, кабели висячих мостов, пояса ветровых ферм, затяжки шпренгельных систем).	Высокая прочность, продольная жесткость, выносливость, коррозионная стойкость.
Конструкции, выполняемые с перегибом в узлах (кабели висячих мостов, ломаные и криволинейные затяжки шпренгельных и предварительно напряженных систем, ваны покрытий).	Высокая прочность, продольная жесткость, выносливость, коррозионная стойкость, ограниченные контактные напряжения между слоями проволок.
Подвески висячих мостов, растяжки ветровых ферм, раскосы вантовых ферм, оттяжки высотных сооружений.	Повышенная выносливость, коррозионная стойкость, высокая демпфирующая способность.

В заключение, стоит отметить, что благодаря таким качествам как надежность и универсальность, стальные тросы применяются во многих отраслях промышленности и строительства, и являются неотъемлемой частью конструкций и механизмов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кривошапко С.Н.* Висячие тросовые конструкции и покрытия сооружений // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №7(34). С. 51-70.
2. *Савина Н.В., Ларионова К.О., Соловьев К.А., Стецкий С.В., Степанова Д.С., Соловьев А.К.* Основы архитектуры и строительных конструкций. Учебник для академического бакалавриата. 2021.
3. *Кривошапко С.Н., Мамиева И.А.* Выдающиеся пространственные сооружения последних 20 лет// Монтажные и специальные работы в строительстве. 2012. № 12. С. 8-14.
4. *Кривошапко С.Н.* О возможностях оболочечных сооружений в современной архитектуре и строительстве// Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2013. № 1. С. 51-56.
5. *Bradshaw R., Campbell D., Gargari M., Mirmiran A., and Tripeny P.* Special structures. Past, present, and future// Journal of Structural Engineering. June 2002. P. 691-701.
6. *Мацевейко В.Н., Шимановский В.Н.* О напряженно-деформированном состоянии висячий покрытий шатрового типа// Строительная механика и расчет сооружений. 1972. № 4. С. 3-7.

СТЕКЛО В ФАСАДНЫХ СИСТЕМАХ

Фасадные системы представляют собой комплексные решения для отделки фасадов и кровли зданий, обеспечивающие защиту всех поверхностей от агрессивного воздействия окружающей среды. Современные фасадные системы широко используются как при возведении новых зданий, так и при модернизации старых. Тип и назначение здания не имеют значения при выборе таких систем. Однако основным принципом, обеспечивающим долговечность и надежность используемых материалов, является обеспечение постоянной воздушной циркуляции в ключевых элементах.

Существуют несколько современных видов фасадных систем такие как сэндвич-панели, облицовка камнем, светопрозрачные фасады [1].

Современное строительство высоких многофункциональных зданий часто включает в себя использование остекленных фасадов, или светопрозрачных, как их называют специалисты. Использование такого материала для облицовки фасадных систем придает современный облик, который подчеркивает инновационность. Качество стеклянных поверхностей, разнообразие дизайна и точность монтажа способствуют созданию такого эффекта. Такие светопрозрачные фасады обязаны как постоянному совершенствованию конструкций, так и материалу, стеклу, которое играет ключевую роль в оформлении фасадов.

Стекло, необходимое для светопрозрачных фасадов, существенно отличается от стекла, используемого для окон. Это связано с решением большого количества архитектурных и конструктивных задач. Появление данного вида стекла с новыми функциями увеличивает возможности фасадных систем. Однако, из-за большого количества стекол создали классификацию, которая позволяет архитекторам выбрать нужный тип. Основные виды стекол: ламинированные, закаленные, армированные, энергосберегающие.

Ламинированные стекла, включающие в себя не менее двух стекол, склеенных с использованием пленки, является одним из самых прочных видов. Такой вид носит название триплекс и используется в следующих случаях:

1. для обеспечения безопасности от незаконного вторжения в помещение;
2. для сохранения безопасности от осколков падающего стекла;
3. для обеспечения безопасности от ультрафиолетовых лучей;

- улучшения звукоизоляции;
- придания односторонней видимости.

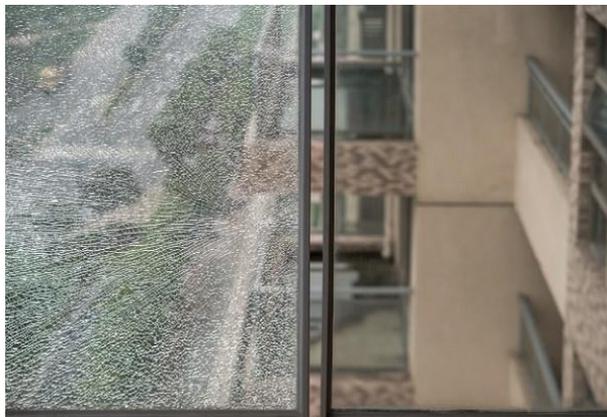


Рис.1. Пример разрушения ламинированного стекла в светопрозрачных фасадах

Закаленное стекло – это листовое стекло, которое получается с помощью нагрева до температуры $650-680^{\circ}\text{C}$ с дальнейшим быстрым охлаждением с обеих сторон, используя воздух.

Армированные стекла являются пожаростойкими и безопасными из-за их выполнения с армирующей металлической сеткой [2].

Для решения существующих проблем с энергосбережением во всем мире и регионах России изобрели энергосберегающие стекла, которые, несомненно, имеют значение для увеличения теплоизоляции в холодные месяцы. Так, например, в Китае построен небоскреб высотой 300 метров с нулевым потреблением энергии.



Рис.2. Пример небоскреба с использованием энергосберегающего стекла.

Таким образом, на сегодняшний день фасадное остекление является одним из главных элементов архитектуры для придания художественной выразительности и защиты от внешних природных факторов, а также для создания уникальных и неповторимых объектов [3-9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Золотарева С.В., Клюев С.В.* Современные отделочные материалы. Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета. Выпуск 3 (35). 2020.
2. *Магай А.А., Дубынин Н.В.* Современное стекло светопрозрачных фасадов многофункциональных высотных зданий. Вестник МГСУ. Выпуск 3. 2010.
3. *Кудасова А.С., Нуриев В.Э., Морева И.С., Турянская В.А.* О развитии систем фасадного остекления гражданских зданий. Инженерный вестник Дона. Выпуск 4. 2018.
4. *Ungureanu N., Căciulă Stan-Gragoș, and Vrabie M.* About some suspension roofs made of the orthogonal cable networks// Bul. Inst. Polit. Iași, t LVI (LX), f. 4. 2010. P. 111-119.
5. *Kloiber L.A., Eckmann D.E., Meyer Th.R., Hautzinger St.J.* Design consideration in cable-stayed roof structures// North American Steel Construction Conference “Modern Steel Construction”, March 2004. 7 p.
6. *Moon H. J., Ryu S. H., Kim J. T.* The effect of moisture transportation on energy efficiency and IAQ in residential buildings // Energy and Buildings. 2014. № 75. Pp. 439–446.
7. *Стаценко Е.А., Островая А.Ф., Киселев С.С.* Вентилируемые стеклянные фасады. Параметры воздушного зазора // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №12 (39). С. 32-42.
8. *Дербина С.Н., Борискина И.В., Плотников А.А.* Двойные фасады как этап конструктивной эволюции светопрозрачных наружных оболочек зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2010. С. 56-59.
9. *Емельянов А.А.* К вопросу проектирования конструкции навесного вентилируемого фасада // Промышленное и гражданское строительство. 2010. С. 35-37.

Студентка магистратуры 1 года обучения 2 группы ИПГС Жиренкова В.А.

Студентка магистратуры 1 года обучения 2 группы ИПГС Орешина В.Ю.

Студентка магистратуры 1 года обучения 2 группы ИПГС Шитухина А.Ф.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. А.М. Ибрагимов

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА УТЕПЛИТЕЛЯ ПРИ УСТРОЙСТВЕ МОКРОГО ФАСАДА

В настоящее время система наружного утепления «мокрый фасад» получила широкое применение.

Такое интересное название наружная система получила за счет использования жидких составов. Рассмотрим «пирог» данной конструкции (рис. 1) [1,2].

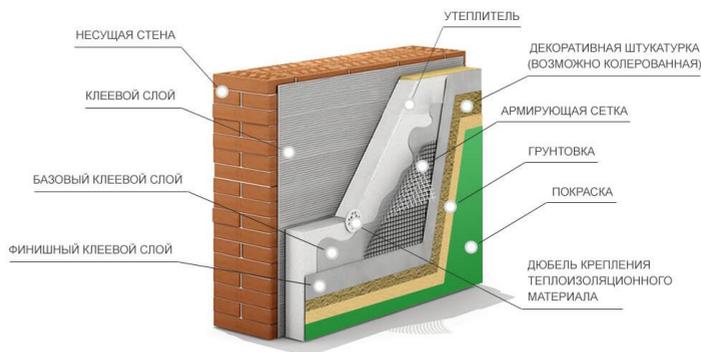


Рис. 1. Пирог системы мокрый фасад

По разрезу, предоставленному на рис. 1 видно, что система является многослойной, однако важнейшую роль играет слой утеплителя [3]. К теплоизоляционному материалу, применяемому в наружных стенах типа «мокрый фасад» имеют определенные требования [4], а именно:

- безопасность и экологичность;
- относительно небольшая масса;
- устойчивость к механическим воздействиям;
- низкий показатель водопоглощения;
- сохранение свойств в процессе эксплуатации в условиях частой смены температур.

Описанным выше требованиям удовлетворяют такие утеплители, как пенопласт, пенополистирол и минеральный утеплитель. В табл.1 представлены характеристики каждого из перечисленных теплоизоляционных материалов.

В вопросе грамотного подбора утеплителя главную роль играют такие характеристики, как теплопроводность и паропроницаемость. Однако, при наглядном сравнении этих характеристик в табл. 2 между пенополистиролом и минеральной ватой можно заметить значительное различие материалов в способности задерживать или пропускать конденсат, в силу перепадов парциального давления водяного пара.

Таблица 1

Характеристика теплоизоляционных материалов

Название	Характеристика	Достоинства	Недостатки
Пенопласт	Легкий материал, структура - пузырьчатая	1. Низкая стоимость 2. Относительно легкий 3. Простой в монтаже	1. Хрупкий 2. Низкая воздухопроницаемость
Пенополистирол	Вариант пенопласта с улучшенными эксплуатационными характеристиками	1. Хорошие теплоизоляционные свойства 2. Относительно небольшая масса 3. Водоотталкивающий	1. Низкая теплостойкость 2. Легковоспламеняющийся
Минеральный утеплитель	Волокнистый материал, в основе которого стекловолокно и каменные наполнители.	1. Экологичный 2. Относительно невысокая стоимость 3. Легкий 4. Простой в монтаже	1. Невлагоустойчивый

Таблица 2

Сравнительная характеристика минеральной ваты и пенополистирола

Материал	Паропроницаемость	Теплопроводность
Минеральная вата	0,55 мг/(м·ч·Па)	0,037 Вт/(м·°С)
Пенополистирол	0,55 мг/(м·ч·Па)	0,036 Вт/(м·°С)

Значительно меньшее значение паропроницаемости дает пенополистиролу преимущество при выборе наиболее подходящего материала для систем наружного утепления зданий. Но также стоит учитывать плохую способность пенополистирола к адгезии с растворами клеевыми.

Если остановить свой выбор на минеральных плитах, то стоит отдавать предпочтение образцам с низкой степенью поглощения влаги, иначе срок эксплуатации конструкции не превысит двух лет [5-8].

Таким образом, каждый из рассматриваемых утеплителей достоин применения в строительстве при использовании технологии «мокрый фасад». Однако, при выборе теплоизоляционного слоя необходимо обязательно учитывать условия эксплуатации, место строительство и другие не менее важные факторы.

Технология «мокрого фасада», несмотря на некоторые эксплуатационные недостатки по сравнению с вентилируемым фасадом, остается лидером среди технологий утепления. Но монтаж системы «мокрого фасада» обойдется значительно дешевле, чем установка вентилируемого фасада, однако его дальнейшее обслуживание будет стоить дороже. Такая конструкция обеспечивает высокий уровень звукоизоляции в обоих направлениях (как внутри, так и снаружи здания).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Воробьев В.Н.* Навесные фасадные системы. Рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации. // ПортАтивСтрой - 2019. 122 с.
2. *Васильев Н.Б., Стуглев Н.А., Утков Е.О., Мельник И.С.* Навесные вентилируемые фасады и мокрые // СтройМного. 2017. №4 (9).
3. *Umnyakova N., Bessonov I., Zhukov A., Zinoveva E.* The effectiveness of facade systems 00013 // MATEC Web of Conferences (ICMTMTE 2019). Published online: 18 November 2019. DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201929800013>
4. *Менейлюк А.И., Дорофеев В.С., Лукашенко Л.Э.* и др. Современные фасадные системы / Под редакцией А.И. Менейлюка – Киев, Освіта України, 2008 – 340 с.
5. *Ишутин А. А., Кузьмичева И. Г., Овчинникова А. П.* Технология устройства " мокрого фасада". Преимущества и недостатки //Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. – 2017. – С. 207-209.
6. *Азанова М. В., Лысенко А. Р., Калошина С. В.* Анализ технологических особенностей устройства фасадных систем" мокрого" и навесного типа //Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2018. – Т. 1. – С. 346-353.
7. *Жуков Д.А.* Системы вентилируемых фасадов // Строительство: наука и образование. 2012. С. 2-15.
8. *Петриченко М.Р., Петроченко М.В., Явтушенко Е.Б.* Гидравлически оптимальная вентилируемая щель. Инженерно-строительный. 2013.С. 35-40.

Студентка магистратуры 1 года обучения 4 группы ИПГС Сабитова А.Р.

Студентка магистратуры 1 года обучения 4 группы ИПГС Постаногова П.Ф.

Научный руководитель – проф., док. техн. наук, А.М. Ибрагимов

МОДУЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Модульное строительство – перспективно развивающееся направление в строительной сфере России, главным достоинством которого является сокращение сроков строительства за счет высокой заводской готовности. В последние годы Правительство Российской Федерации активно принимает участие в развитии данного направления [1]. Однако, немаловажными вопросами остается отсутствие нормативной базы для внедрения технологий модульного строительства и необходимость развития производства блок-модулей.

Модули представляют собой унифицированные, пространственные объемно-планировочные элементы здания, которые производятся на заводе и потом соединяются между собой на строительной площадке в готовое здание. Благодаря переносу строительства модульных конструкций с участка на завод уделяется особое внимание контролю качества, стандартизации производственных процессов, за счет чего улучшается эффективность и качество производимой продукции. Каждый модуль является полноценным строительным элементом, изготовленным с соблюдением строгих стандартов, которые отвечают требованиям прочности, устойчивости и жесткости.

В большинстве случаев модули изготавливаются из металла, дерева или других композитных материалов и могут принимать различные формы в зависимости от требований заказчика при проектировании. Однако необходимо учитывать, что модули должны иметь габариты, пригодные для транспортировки [2].

В работе рассматриваются модульные здания со стальным каркасом, в силу большей несущей способности данного конструкционного материала, что позволяет возводить здания большей высотности и с большими пролетами.

Модульные здания по конструктивной схеме подразделяются на [3]:

- блочно-модульные;
- каркасно-блочные;
- ствольно-блочная (с ядром жесткости).

Блочно-модульная схема образуется с помощью соединения модулей друг с другом, в которой горизонтальные и вертикальные нагрузки воспринимаются каждым отдельным модулем. При каркасно-блочной

схеме возводится внешний каркас, который воспринимает все нагрузки, а сами модули не являются несущими. Ствольно-блочная же схема характеризуется возведением стального или железобетонного ядра жесткости, который воспринимает вертикальные воздействия, а сами модули - горизонтальные.

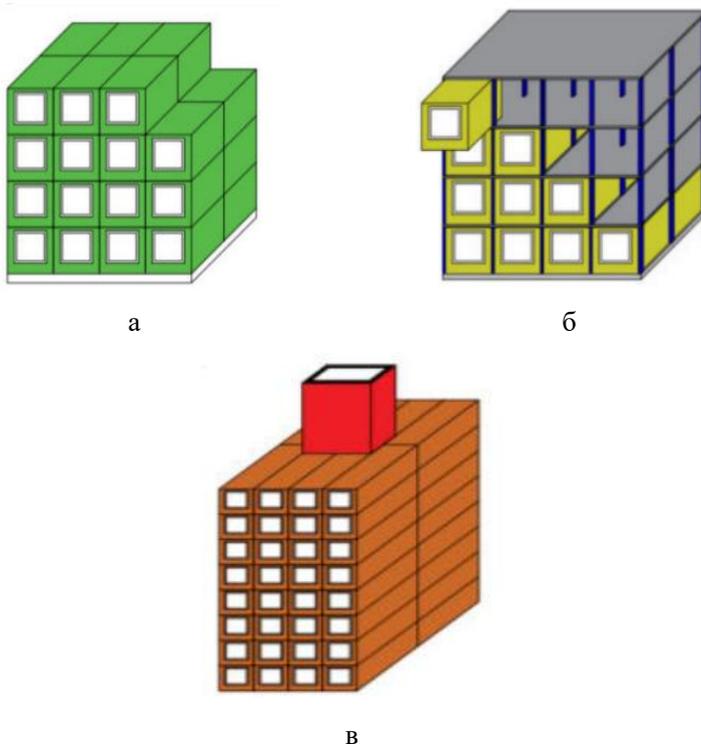


Рис. 1: а - блочно-модульная схема; б - каркасно-блочная схема; в - ствольно-блочная схема.

Уникальным примером применения модульного метода является строительство дома 461Dean в Бруклине, США. Автором жилого комплекса стало бюро SHoP Architects [4]. Здание высотой в 32 этажа составлено из 930 стальных модулей. Девяносто процентов строительства было завершено за пределами площадки, на Бруклинской военно-морской верфи. Стоит отметить, что строительство обошлось на 20 процентов дешевле, чем возведение традиционного небоскреба.

Таким образом, стоит отметить, что разработка проектов с использованием модульной технологии достаточно перспективное направление, которое может стать альтернативой традиционному строительству и будет целесообразна для применения в отечественных условиях [5-8].



Рис. 2. Жилой комплекс 461Den.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lacey et al., Structural response of modular buildings – An overview // Journal of Building Engineering 16, 2018
2. Широков, В. С. Конструктивные особенности модульных зданий / В. С. Широков // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 3. — URL: <https://esj.today/PDF/03SAVN322.pdf> DOI: 10.15862/03SAVN32
3. Официальный сайт SHoP Architects <https://www.shoparc.com/projects/b2/>
4. Кривошапко С.Н., Мамиева И.А. Выдающиеся пространственные сооружения последних 20 лет// Монтажные и специальные работы в строительстве. 2012. № 12. С. 8-14.
5. Батуков С.А. Перспективные направления развития строительной отрасли России // Российское предпринимательство. – 2008. – Том 9. – № 12. – С. 102-105.
6. Крыжановский В.В. Модульные здания в современном строительстве // Инженерные исследования. 2023. №1 (11). С. 31-37. EDN: PQCATC
7. Аушева К.В., Петrochenko М.В. Определение алгоритма оценки эффективности модульного строительства // Неделя науки ИСИ: Сборник материалов Всероссийской конференции, 2022. С. 143-145. EDN AGTCGZ.
8. Шевцов С.В., Астафьева Н.С. Концепция модульного строительства на примере использования легких металлических конструкций // Инженерные исследования. 2022. № 3(8). С. 30-37. EDN BGGOMA.

СЕКЦИЯ НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Студент 3 курса 31 группы ИПГС Борисенков Н.С.

Научный руководитель: проф.каф.СМ, д-р техн. наук, проф.

Ю.Р. Кривобородов

ЦЕМЕНТНЫЕ СОСТАВЫ С ТОНКОДИСПЕРСНЫМ КОМПОНЕНТОМ ДЛЯ ИНЪЕКЦИОННОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ

Укрепление грунтов играет немаловажную роль при строительстве новых и реконструкции существующих объектов, а также в проведении подземных работ в ограниченных условиях с сохранением целостности массива грунта. Для проведения таких работ подходит инъекционная технология закрепления грунта [1-3].

В работе [2] показано, что равномерная объемная пропитка грунтового массива обеспечивается за счет применения водных суспензий тонкомолотых вяжущих с размером частиц не более 10-15 мкм, а тонкодисперсные наполнители обеспечивают в дополнении формирование плотной и прочной структуры цементной матрицы в составе грунтобетона [3,4].

Поэтому в работе будет рассмотрена тонкодисперсная добавка перлита в качестве компонента цементного состава для закрепления грунта по инъекционной технологии. Выбранная добавка относится к стеклам вулканического происхождения, которая обладает пуццолановым действием. В табл. 1 приведен химический состав перлитовой породы, из которого следует, что в ней преобладает SiO_2 (<70%) и Al_2O_3 (почти 15%)

Таблица 1

Химический состав перлитовой породы

Химический состав, %									
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O	FeO	CaO	MgO	TiO_2	K_2O	Na_2O	H_2O
70,4	14,8	0,7	0,3	0,7	0,3	0,1	3,7	3,6	5,4

Технологическая схема получения тонкодисперсного перлита представлена на рис.1. Щебень природного перлита с размером кусков 10-80 мм предварительно дробился в щековой дробилке, полученный перлитовый песок (преобладающий размер 0,1-0,25 мм) подвергался сначала тонкому помолу в шаровой мельнице (преобладающий размер 25-50 мкм), затем сверхтонкому помолу в планетарной или струйной мельнице. Преобладающий размер при сверхтонком измельчении составляет 1-3 мкм [5]. В работе использовался тонкодисперсный перлит

в виде стабилизированной пластификатором и ультразвуковой обработкой суспензии.



Рис. 1. Технологическая схема получения тонкодисперсного перлита [5]

В инъекционном закреплении грунтов имеет большое значение предельно допустимая вязкость раствора, которая не должна превышать 40 с при истечении его из стандартной воронки объемом один литр, и седиментация частиц инъекционного раствора за время, равное 90 мин. Максимально допустимая седиментация частиц вяжущего в инъекционном растворе должна составлять не более 2% от объема раствора [2, 6].

Для определения условной вязкости и седиментации частиц в скоростном смесителе со скоростью 2800-3000 об/мин готовился инъекционный раствор на основе портландцемента и стабилизированной пластификатором перлитовой суспензии с концентрацией тонкодисперсного перлита 50 г/л. Водовязущее отношение (В/В) принималось равным 2,0. Полученные результаты представлены в табл.2.

Таблица 2

Реологические и молекулярно-кинетические характеристики инъекционного раствора

Характеристика	Время наблюдения, мин			
	0	30	60	90
Условная вязкость, с	37	37	38	39
Седиментация, %	0	0,9	1,0	1,2

Результаты исследований показали, что в течение 90 мин условная вязкость приготовленного инъекционного раствора составляет 39 с, седиментация частиц в растворе равна 1,2%, что удовлетворяет предъявляемым требованиям.

Были проведены исследования приготовленного инъекционного раствора на прочность при сжатии, результаты которого представлены на рис. 2.

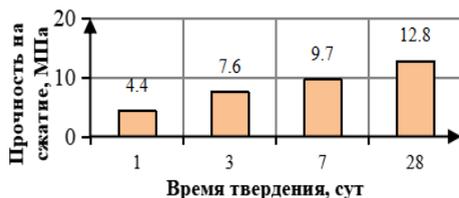


Рис. 2 Зависимость прочности инъекционного раствора от времени твердения образцов

Проведенные испытания показали значения прочности на сжатие в 28 суток твердения, равные 12,8 МПа. Это превышает регламентированные значения 4-6 МПа для укрепления грунта под фундаментами, указанные в [2], что свидетельствует об эффективности использования такого состава в инъектировании грунта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Харченко И.Я., Исрафилов К.А., Харченко А.И. Инъекционные смеси на геополимерной основе для уплотнения и упрочнения грунтов // Системные технологии. 2023. № 1 (46). С. 124-130.
2. Гришин А.Н., Панченко А.И., Харченко И.Я., Баженов М.И. Тонкодисперсное композиционное вяжущее для закрепления грунтов инъекционным способом // Вестник МГСУ. 2017. № 12(11). С.1289-1298.
3. Kozlova I.V., Bepalov A.E., Bepalova A.V. Development of Cement Compositions with a Finely Dispersed Additive for Consolidation of Soil by the Injection // Materials Science Forum. 2020. Vol. 974. Pp. 149-155.
4. Samchenko S., Kozlova I., Zorin D. The effect of ultrafine fillers on the properties of cement-sand mortars // International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE). Materials Today: Proceedings. 2019. Vol. 19 (5). Pp. 2096–2099. DOI: 10.1016/j.matpr.2019.07.217.
5. Нелогов С.К., Плотников И.А. Варианты применения перлита в композиционных материалах // В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры НИУ МГСУ. Москва, 2021. С. 623-625.
6. Кривобородов Ю.Р., Козлова И.В., Земскова О.В., Борисенков Н.С. Разработка цементных композиций с тонкодисперсным перлитом для инъекционного закрепления грунтов // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30. № 3. – С. 272-280.

Студентка магистратуры 2 года обучения 31 группы ИПГС Горбунова Э.А.

Научный руководитель - доц.каф.СМ, канд. техн. наук, доц. М.Г. Бруяко

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ВСПЕНЕННОГО ЖИДКОГО СТЕКЛА

Ежегодно возрастают требования к современной теплоизоляции. Увеличивается тенденция к созданию новых негорючих теплоизоляционных материалов не только с пониженным коэффициентом теплопроводности, но и предусматривающие повышение экологической безопасности, в том числе использование малознергоемких технологий при их производстве. В качестве сырья преимущественно подразумевается использование отходов или возобновляемых ресурсов [1-2].

Объектом исследования является искусственный строительный конгломерат, представляющий собой теплоизоляционный материал, на основе водного щелочного раствора силикатов натрия с технологическими добавками, получаемый путем порообразования с последующей минерализацией и отверждением. Основной целью проведения материаловедческих исследований является изучение формирования эксплуатационных характеристик материала и разработка подхода к проектированию теплоизоляционных материалов с заданными эксплуатационными свойствами. Механизм взаимосвязи характеристик рассматривался на примере материалов на основе вспененных силикатных композиций.

В настоящее время известны различные вариации теплоизоляционных материалов, получаемых на основе вспененных силикатных составов. На основе научно-технического, нормативного анализа было проведено сравнение наиболее распространенных примеров материалов и изделий, на основе исследуемой композиции [3-4]. Помимо исследуемого материала, производителями поддерживающими данное направление развития теплоизоляции являются: пеностекло «НЕОПОРМ», паростекло «ЭТИЗ», пеностекольный щебень «АйСиЭмГласс», пеностекло «Пеноситал».

При исследовании подхода к проектированию составов материалов выявлена зависимость между параметрами структуры и состава материала, и эксплуатационными свойствами материала – вспененного раствора силиката натрия. Определено, что полученные итоговые эксплуатационные характеристики материала основываются на нескольких нижеприведенных факторах.

1. Одним из основных факторов, влияющих на эксплуатационные свойства материала, являются характеристики сырьевых компонентов: химический состав, фазовый состав, параметры структуры сырьевых компонентов (в том числе форма, тип, распределение пор по размерам) .

2. Вторым фактором, влияющем на эксплуатационные характеристики являются особенности технологического процесса производства материала. На этапах технологической линии производства проходят процессы перемешивания, вспенивания и сушки материала. Происходит основная часть формирования структуры материала за счет механических и температурно-влажностных воздействий на сырьевую смесь [4-5].

В исследовании была проведена оценка влияния перечисленных факторов на свойства, в том числе на основные тепло-технические свойства теплоизоляционных материалов.

По результатам расчета основного параметра, влияющего на итоговые свойства материала - пористости выявлено, что материал на основе вспененного жидкого стекла и пеностекло имеют смешанную структуру, но пеностекло составляет преимущественно закрытый тип пор ($\approx 98\%$). Вспененное жидкое стекло, в отличие от пеностекла, имеет преимущественно открытопористое строение ($\approx 67\%$).

Основные характеристики теплоизоляционного материала – плотность, коэффициент теплопроводности, сорбционная влажность сформированы за счет полученного состава, а также параметров структуры материала.

Сравнение основных технических характеристик двух материалов на основе вспененных силикатных композиций приведено в таблице 1. В таблице продемонстрированы свойства материалов, которые различны за счет особенностей структуры и состава композитов.

Таблица 1

Технические характеристики вспененных силикатных композиций	Пеностекло	Вспененное жидкое стекло холодного отверждения
Материалы		
Структура	Преобладает закрытая пористость $\approx 98\%$	Преобладает открытая пористость $\approx 67\%$
Состав	Стеклобой, глицерин, газообразователь	Жидкое стекло, пенообразователь, отвердитель, наполнитель

Основные технологические различия	Структурообразование происходит за счет процесса газообразования, происходящего в печах при высоких температурах (порядка 1200 °С)	Структурообразование происходит за счет процесса пенообразования, обработка происходит в низкотемпературных печах (порядка 40 °С)
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	0,043-0,062	0,0556-0,068
Средняя плотность, кг/м ³	130-160	150-195
Сорбция при относительной влажности 97%, % масс.	1,62-1,79	19-25

Особенности структуры материала влияют на эксплуатационные свойства изделий. Так, при наличии преимущественно крупнопористого строения, конвективный теплообмен увеличивается, тем самым уменьшая сопротивление теплопередаче. Тип и размер пор также влияют на сорбционную активность материала. Так, у материала с преимущественно закрытопористым строением (пеностекло) получены характеристики сорбционной влажности с меньшим % масс.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Мирюк О.А.* Ячеистые материалы на основе жидкого стекла // *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн.* 2015. № 4-5 (17).
2. *Душкина М.А.* Разработка составов и технологии получения пеностеклокристаллических материалов на основе кремнеземистого сырья. Дисс канд. техн. наук. Томск. 2015. 196 с.
3. *Хабибулин Ш.А.* Разработка составов и технологии получения модифицированного жидкостекляного вяжущего и композиционных материалов на его основе. Дисс... канд. техн. наук. Томск. 2015. 136 с.
4. *Усова Н.Т., Лотов В.А., Лукашевич О.Д.* Водостойкие безавтоклавные силикатные строительные материалы на основе песка, жидкостекляных композиций и шламов водоочистки // *Вестник ТГАСУ.* 2013. №2. С. 276-284.
5. *Кетов А.А., Толмачев А.В.* Пеностекло - технологические реалии и рынок // *Construction materials.* 2015. №1.

Студентка 2 курса магистратуры 31 группы ИПГС Даишковская А.Р.
Научный руководитель – проф., доктор техн. наук, проф. В.Т.
Ерофеев,
Научный руководитель – доц каф.СМ., канд. техн. наук, доц. О.А.
Ларсен

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЦИДНЫХ ДОБАВОК В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Бетон является наиболее широко применяемым строительным материалом во всех странах, использование его незаменимо в различных инфраструктурных проектах. Однако важно отметить, что бетонные конструкции, особенно в условиях повышенной влажности, например, в канализационных системах и морских сооружениях, подвержены воздействию микроорганизмов, что может привести к их постепенному разрушению. Этот процесс вызван прикреплением и колонизацией микроорганизмов, которые в конечном итоге могут привести к разрушению структуры [1].

За последние два десятилетия появилось множество исследований биокоррозии бетона. Все чаще исследователь изучают возможность разработки antimicrobial бетона, путем использования биоцидных добавок [2-3]. На рис. 1 изображена принципиальная схема действия биоцидных добавок.

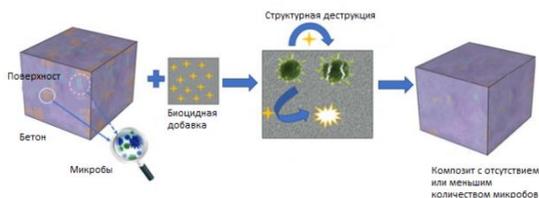


Рис. 1 Принципиальная схема действия биоцидных добавок

Биоцидные свойства противомикробного бетона объясняются добавлением противомикробного средства. Понятие «биоцидные добавки» используется для обозначения антимикробных добавок, которые усиливают способность бетона ингибировать и/или ликвидировать различные микроорганизмы, включая бактерии (например, патогены), грибы и водоросли. Противомикробные соединения, такие как биоциды, гермициды, дезинфицирующие средства, антисептики и дезинфицирующие средства для рук, легко доступны. Они характеризуются своей способностью убивать микроорганизмы и/или подавлять размножение микробов.

Многие противомикробные препараты применяются вместе с неорганическими или органическими связующими материалами для создания защитных покрытий на поверхностях из бетона, обладающих биоцидными свойствами. Еще один метод применения противомикробных препаратов на бетоне заключается в их добавлении непосредственно в состав бетонной смеси в качестве функциональных ингредиентов после их предварительного диспергирования. Например, в бетонную смесь могут добавляться кальциевый формиат и ConShield, что обеспечивает защиту на всей толщине бетонной матрицы.

Другой тип антибактериальных добавок представляет собой смесь на водной основе, содержащую фторсиликатные соли и антимикробные соединения, такие как никель (Ni) и вольфрам (W). Эта добавка находится в жидкой форме и ее можно равномерно распределить в бетоне с помощью миксера. При добавлении данного соединения, добавка регулирует биоцидные свойства, но и повышает воздухопроницаемость бетонной смеси.

Соединение фталоцианина, представляющее собой разновидность органического пигмента, также может быть равномерно диспергировано в бетоне или строительном растворе с помощью специального смесителя.

Жидкие бактерициды, такие как хлорид бензалкония, могут быть трансформированы в порошки, которые могут быть адсорбированы на носителях, таких как цеолиты. Дополнительно, антибактериальные свойства тяжелых металлов обычно могут быть прикреплены к цеолитам путем адсорбции или ионного обмена. Цеолиты, которые являются кристаллическими алюмосиликатными минералами с порами одинакового молекулярного размера, могут быть функционально модифицированы для проявления антимикробных свойств. Это достигается путем замены ионов кальция и натрия в их структуре ионами серебра, меди или цинка. Это объясняет тот факт, что цеолиты являются одними из наиболее часто используемых неорганических переносчиков ионов металлов.

Агломерация антимикробных наночастиц в цементной матрице является распространенной проблемой, с которой сталкиваются многие производители строительных материалов. Этот процесс приводит к образованию крупных сгустков микрочастиц, что значительно снижает их химическую и физическую активность. Как результат, эксплуатационные характеристики цемента страдают, а его антимикробная эффективность снижается. Антимикробные наночастицы обладают особым свойством уничтожать микроорганизмы, такие как бактерии и грибки, что делает их важным компонентом в строительных материалах, особенно в тех зонах, где часто возникают

гигиенические проблемы. Однако, при агломерации, эти наночастицы теряют свою рассеянность и распределение в матрице, что негативно влияет на их способность поражать микроорганизмы. Эту проблему можно решить, используя дисперсионную среду, такую как вода для смешивания, и добавляя органические добавки или различные типы поверхностно-активных веществ, такие как пластификаторы и суперпластификаторы. Эти добавки способствуют гомогенному диспергированию наночастиц в цементной матрице. Такое улучшение контакта способствует лучшей инактивации бактерий. Однако в контексте противомикробных средств в качестве функциональных компонентов бетона систематическое исследование выбора конкретных биоцидов и их концентраций еще не проводилось.

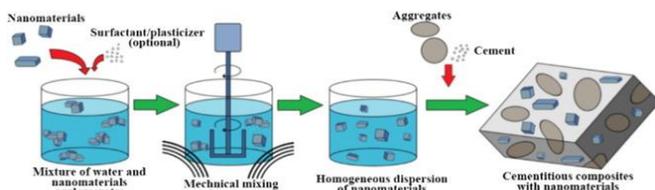


Рис. 2 Принципиальная схема химического процесса диспергирования наноматериалов

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузев Е.А. Коррозия бетона и железобетона. Методы их защиты. М.: Стройиздат, 1980. 536 с.
2. Ерофеев В. Т., Родин А. И., Богатов А. Д., Казначеев С. В., Смирнов В. Ф., Светлов Д. А. Физико-механические свойства и биостойкость цементов, модифицированных серноокислым натрием, фтористым натрием и полигексаметиленгуанидин стеаратом // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. Вып. 7. Ч. 2. С. 292-310.
3. Y. Xie, X. Lin, T. Ji, Y. Liang, W. Pan. Comparison of corrosion resistance mechanism between ordinary Portland concrete and alkali-activated concrete subjected to biogenic sulfuric acid attack. *Constr. Build. Mater.*, 2019.Vol. 228. p. 117071.
4. Строганов В. Ф. Биоповреждение строительных материалов // Строительные материалы. 2015. № 5. С. 5-9.
5. Erofeev V., Smirnov V., Dergunova A., Bogatov A., Letkina N. Development and Research of Methods to Improve the Biosustainability of Building Materials. *Materials Science Forum*. 2019. 974. p. 305-311.

Студент 4 курса 33 группы ИПГС Демкин М.И.

Научный руководитель – доц. каф. СМ, канд. техн. наук, доц. Б.И.

Булгаков

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПОЛИКАРБОКСИЛАТНЫХ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ

Современные исследования и разработки способствовали появлению поликарбоксилатных суперпластификаторов, которые превосходят традиционные пластификаторы в части сокращения необходимого количества воды для получения бетонных смесей с требуемой удобоукладываемостью и лучшей обрабатываемостью, образующих при затвердевании бетоны, обладающие большей прочностью, плотностью, непроницаемостью и меньшей усадкой. Эти продукты обычно обозначаются РС или РСЕ. Только с помощью поликарбоксилатных суперпластификаторов можно получить самоуплотняющиеся бетонные смеси, использование которых является перспективным направлением современного строительства.

Под конец XX века были получены поликарбоксилатные суперпластификаторы с гребенчатой структурой, которые стали новым классом водоредуцирующих добавок в бетонные смеси, что обозначило как важный этап в развитии технологии бетона. Данные пластифицирующие добавки способствуют разработке новых высокотехнологические бетонных смесей, использование которых позволяет получить сверхвысокофункциональные бетоны (СВФБ). Их прочность при сжатии более 150 Мпа, что является одним из самых высоких показателей среди других разновидностей. Также стоит отметить самоуплотняющиеся бетоны (СУБ), не требующие уплотнения, которые тоже стали возможны благодаря исследованию новых пластифицирующих добавок. Одним из основных прорывов в работах над РСЕ, стали разработки определенных молекулярных структур. Их влияние на бетонную смесь заключается в обеспечении длительного сохранения подвижности (>2 ч), а именно, такая бетонная смесь сохраняет работоспособность и на ранних стадиях твердения происходит без снижения прочностных характеристик.

Основной механизм действия поликарбоксилатных суперпластификаторов в бетонных смесях состоит в адсорбции их макромолекул на поверхности цементных зерен, приводящей к диспергированию частиц цемента за счёт эффекта стерического отталкивания, который сильнее эффекта их электростатического отталкивания, имеющего место при использовании полиметиленафталин- и полиметиленаминасульфонатных суперпластификаторов. Это объясняется тем, что в данном случае

электростатический эффект из-за высокой концентрации ионов экранируется. При этом, функциональные группы полимерных цепей макромолекул поликарбоксилатных суперпластификаторов обеспечивают их адсорбцию на цементных частицах, а длинные боковые цепи – отталкивание, это специфическая особенность ПСЕ которую стоит помнить и учитывать.

Полиметиленафталинсульфаты (NCF) и поликарбоксилаты (PCE) являются двумя самыми распространенными типами суперпластификаторов на сегодняшний день. PCE часто отличается более высокой, чем NCF, эффективностью, из-за вышеназванного эффекта стерического отталкивания, который возникает из-за боковых полиэтилен-оксидных цепей. Данный механизм действия является основополагающим, поскольку он обеспечивает более высокую диспергирующую способность PCE. Одновременно с этим, адсорбция NCF является типичной моделью однослойной адсорбции Ленгмюра, а многослойная адсорбция характерна именно для PCE, что значительно повышает эффект отталкивания цементных частиц [1].

Стоит отметить исследования по созданию суперпластификаторов нового дизайна – с дендримерной структурой. Синтез полиамидов с дендримерной структурой происходит с помощью чередования реакции присоединения Михаэля и конденсации с образованием амидных связей. В качестве мономеров используются такие органические соединения, как этилендиамин и метилакрилат. Стоит выделить способность дендримеры с карбоксильными и сложноэфирными концевыми группами к эффективной адсорбции на поверхности цементных частиц. По этой причине они являются новыми и высокоэффективными суперпластификаторами для цементных систем.

Появился новый тип дисперсных систем, который состоит из полимерных наночастиц (PNP). В качестве основного компонента используется полистирол. В процессе микроэмульсионной полимеризации получают растворимые в воде сополимеры, химически связанные с поверхностью полимерных наночастиц, размер которых варьируется от 29,4 нм до 52,7 нм. PNP не только адсорбируются на поверхности цемента, но и повышают подвижность цементного теста, но с меньшей эффективностью, как PCE. Также опытным путем обнаружили, что включение PNP в цементное тесто замедляет гидратацию цемента, но не так эффективно, как при использовании PCE. Одна из главных проблем, которая возникает на практике, является конкуренция PCE с сульфатами при адсорбции на зернах цемента. Связи с этим для увеличения адсорбционной способности PCE в их макромолекулы вводят силанольные группы. Благодаря адсорбции силанольных групп на цементной поверхности происходит хемосорбция

путем конденсации с образованием силоксанных ковалентных связей, которые обеспечивают более прочную связь макромолекул суперпластификаторов с поверхностью цементных частиц по сравнению с физической адсорбцией их карбоксилатных групп.

Современные прорывы за более чем четверть века в изучении РСЕ неоспоримы и невероятны, однако, до сих пор существует необходимость решения огромного количества вопросов при разработке высокоэффективных РСЕ для использования в специальных условиях. Кроме повышения подвижности бетонной смеси, ученые пытаются сделать сочетание в одном типе РСЕ всех самых лучших характеристик. Данная задача становится сложной, из-за необходимости скрупулезного изучения и понимания механизма действия РСЕ в цементной смеси. На сегодняшний день стоит задача изучить причины замедления гидратации цемента при введении РСЕ, уменьшения эффективности ряда РСЕ в присутствии глиняных примесей. Данные моменты до сих пор являются наиболее сложными и актуальными, и требуют поиска рационального решения [2-5]. Таким образом можно сделать выводы: 1. Ключевой процесс – это адсорбция РСЕ на поверхности цементных частиц. Также, различия в молекулярной структуре суперпластификаторов, оказывают весомое влияние на некоторые реологические характеристики цементного теста, а также на гидратацию цемента, из-за изменения адсорбционной способности.

2. В последнее время был синтезирован огромный спектр новых суперпластификаторов с отличительными молекулярными структурами, как например, дендримеры и суперпластификаторы на основе PNP и с силанольными группами. Их возникновение поспособствовало дальнейшему изучению и разработке ещё более эффективных поликарбоксилатных суперпластификаторов для цементных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кун С., Лу Ц. Научные достижения в области поликарбоксилатных суперпластификаторов // «ALITinform» - Международное аналитическое обозрение. 2016, №1 (42), с. 52-67.
2. Тарасов В.Н., Гусев Б.В., Петрунин С.Ю., Короткова Н.П., Гарновесов А.П. Оценка эффективности применения поликарбоксилатных суперпластификаторов для производства бетона // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2018. 4(1). С. 1-11.
3. Камалова З. А., Рахимов Р. З., Ермилова Е. Ю., Стоянов О. В. Суперпластификаторы в технологии изготовления композиционного бетона // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №8.
4. Layang S., Wiratno H., Henra R. (2023). Variation of superplasticizer amount on concrete compressive strength // Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan. 2023. 11. p. 117-123. DOI: 10.37304/balanga.v11i2.11737.
5. Stenechkina K. The use of superplasticizers in multicomponent concrete mixtures // E3S Web of Conferences. 2023. 389. 01032.

СТРУКТУРНЫЕ ИЗОЛИРОВАННЫЕ ПАНЕЛИ С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Проблема энергосбережения в строительстве приобретает в настоящее время особую актуальность в связи со все более возрастающими темпами энергопотребления в мире.

Применение теплоэффективных наружных ограждающих конструкций и минимизация теплотерь в узлах сопряжения ограждений с другими строительными конструкциями позволяет снизить энергопотребление жилых зданий на 20–30 % [1, 2]. В этой связи в настоящее время, ограждающие конструкции с применением различных структурных составляющих находят все более широкое применение в современном строительстве. Возможность в сочетании вариации структур в едином элементе конструкции, позволяет выделить наиболее целесообразный элемент жилого здания в виде многослойной панели, в зависимости от назначения и условий эксплуатации.

Несмотря на обширное применение, значительным недостатком данных панелей считается сложность унификации в подборе структур, которые соответствовали бы высоким показателям как внутреннего микроклимата здания, так и сопротивления воздействию окружающей среды. При неверном подборе структур, без использования отдельных гидрофобизирующих и гидроизоляционных покрытий, и, материалов, обладающих высокими теплотехническими характеристиками, - использование данных панелей будет не целесообразным. Структурная изоляционная панель, состоящая из полимерных теплоизоляционных плит в сердцевине и прочных листовых строительного-отделочных материалов снаружи, при рациональном подборе характеристик указанных материалов в использовании, при эксплуатации сочетает в себе прочностные, теплосберегающие и изоляционные характеристики. В сравнении с кладочными материалами, панели с использованием вышеуказанных типов структур, хотя в совокупности и обладают более высокими теплоизоляционными показателями, простотой монтажа и повышенной водостойкостью, но имеют более низкую долговечность, прочность и, как следствие, ограниченность в применении, - исключительно в малоэтажном строительстве. Стоит отметить, что рациональность использования структурных изоляционных панелей обусловлена малыми трудозатратами при монтаже, удобством в работе и крайне высокой скоростью строительства. Относительно большая

площадь покрытия цельной панели порядка 3 м², позволяет упростить дальнейшие отделочные работы, поскольку проектная плоскость панелей, как стеновых ограждающих конструкций, задается цельными элементами уже на этапе общестроительных работ без какого-либо рельефа как внутренней, так и наружной поверхности.

На пути изучения и решения рассматриваемой проблемы, на данный момент, можно выделить основные прогрессивные решения в вариации структур панелей, которые в совокупности с используемыми материалами данных структур, позволяют значительно повысить теплотехнические характеристики конструкции. К последним можно отнести структурные изолированные панели с применением пенополиизоцианурата (PIR) и стекломгнезиевых листов (СМЛ).

Данные трехслойные панели состоят из вспененного полиизоцианурата, обшитая с внутренней и наружной стороны листовым материалом на основе магнезимального вяжущего. Совокупность свойств указанных составляющих структур вида панели, позволяют воспринимать достаточную большую нагрузку для применения в качестве несущего ограждающего стенового материала в малоэтажном строительстве. Пенополиизоцианурат обладает крайне высоким коэффициентом теплопроводности, теплоизоляционной способностью и высокой водостойкостью в сравнении со своими аналогами, в то же время является более прочным материалом. Однако, основным недостатком является стоимость данного материала и низкая стойкость к прямому воздействию ультрафиолетовых лучей. Для того, чтобы данный материал сохранял свои свойства и выполнял предъявленные требования к эксплуатации на протяжении всего срока службы, он должен быть ограничен к воздействию внешней среды вследствие указанного недостатка. Изолятором воздействия служит в данном случае стекломгнезиевый лист, который обладает относительно высокой стойкостью ко многим внешним воздействиям. СМЛ не деформируется при длительном воздействии с влагой, обладает высокой кислотостойкостью и щелочестойкостью. Характеристики структур рассматриваемой панели послойно отображены в табл. 1. На рис. 1 представлен график визуальной оценки совместной работы конструкции на примере определения зоны конденсации и точки росы для заданных условий эксплуатации в г. Москва, где 1 и 3 – стекломгнезиевые листы толщиной 16 мм; 2 – плита из пенополиизоцианурата толщиной 100 мм. Рассмотренный вариант формирования структур панели позволяет дать оценку изолированных структур на основе показателей передачи и сохранения тепла контура оболочки, а также определении зоны конденсации.

Таким образом, можно сформировать вывод касательного того, что применение рассматриваемых структур в изоляционной панели является, что самое важное, актуальной темой, заключающейся в рациональном использовании свойств данных материалов, зависящих непосредственно от

выбора составляющих. Совокупность свойств подразумевает подбор целесообразной вариации структур для необходимого назначения эксплуатации панели.

Таблица 1.

Характеристики структур структурной изолированной панели с применением PIR и СМЛ

Показатель	Пенополи- изоцианурат	Стекломаг- ниевый лист
Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м · °С)	0,022	0,21
Сопrotивление теплопередаче R_0 , (м ² · °С/Вт)	4,54	0,08
Коэффициент теплопередачи U , Вт/(м ² · °С)	0,22	12,5

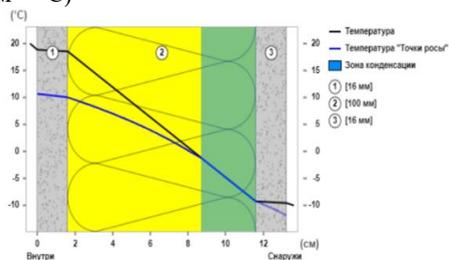


Рис. 1. Зона конденсации и точки росы в рассматриваемом тепловом контуре

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бондаренко В. М.* О нормативных требованиях к тепловой защите зданий / В. М. Бондаренко, Л. С. Ляхович, В. Р. Хлевчук и др. // Строительные материалы, 2001. № 12. С. 1–2.
2. *Гусев Б. В.* Повышение теплотехнической однородности утепленных наружных стен с вентилируемым фасадом. Учебное пособие / Под общей редакцией чл.-корр. РАН Б. В. Гусева. М. : Научный мир, 2005. 184 с.
3. ГОСТ 31309–2005 Материалы строительные теплоизоляционные на основе минеральных волокон. Общие технические условия. – Введ. 2007 – 01 – 01.– М. : Стандартинформ, 2006.
4. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Введ. 2013 – 07 – 01.– М. : Минрегион России, 2012.
5. *Morley M.* Building with Structural Insulated Panels (SIPs). - The Taunton Press, 2000. 192 с.
6. *Smith A., Stack J.* SIMPLE S.I.P. HOMES. Paperback. 2020. 106 p.

Студент 3 курса 32 группы ИПГС Джафаров Э.Ф.

Студентка 3 курса 31 группы ИПГС Залазаева А.Н.

Научные руководители – зав. кафедрой СМ., д-р техн. наук, проф. Самченко С.В., преп. каф. СМ П.Д. Тоболев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУЛЬФАТИРОВАННЫХ ЦЕМЕНТОВ В БЕТОНАХ

Сульфатостойкий цемент — это класс силикатных цементов, в которых количество трехкальциевого алюмината (C_3A) ограничено менее чем 5% ($2C_3A + C_4AF$) - менее 25%, что уменьшает образование сульфатных солей. Уменьшение количество сульфатных солей приводит к уменьшению риска воздействия сульфатов на бетон [1]. В настоящее время достаточно широко распространены цементы алюминатного и сульфоалюминатного твердения, которые по скорости роста прочности и ее пределу могут сравниться со специальными конструкционными материалами. Использование этих цементов позволяет получить изделия с высокой плотностью, трещиностойкостью, газо-, водонепроницаемостью, коррозионной стойкостью бетонных и железобетонных изделий. Повышение основных свойств бетонных изделий происходит за счёт использования в качестве вяжущего портландцемента с добавкой сульфоалюмоферритного клинкера. Продукты гидратации этого вяжущего (алюминатный и железистый этрингит) приводят к формированию плотной и прочной структуре цементного камня, к повышению прочностных свойств бетона нормального твердения и при тепловлажностной обработке. Специальные цементы на основе сульфоферритов кальция отличаются стойкостью к агрессивным средам и кислотостойкостью. При этом сульфоферритные цементы по показателям скорости твердения и скорости расширения отстают от сульфоалюминатных. По своему составу сульфатостойкий цемент разделяется на следующие разновидности [2]:

- Цемент сульфатостойкий с пуццолоной ЦЕМ П/А-П СС. В качестве основы здесь выступает доменный шлак и пуццоланы (вулканические породы). За стойкость к производным серной кислоты отвечают активные добавки.

- Портландцемент с повышенной сульфатостойкостью ЦЕМ I СС. Производство основано на ПЦ 32,5 (M400) с добавлением специальных присадок. Для вяжущего характерно медленное схватывание с низким выделением тепла.

- Портландцемент с увеличенным содержанием минералов стойких к сульфатам ЦЕМШ/А СС и ЦЕМ Ш/В. За основу берется портландцемент с классом прочности 32,5 или 42,5 (M400 или M500).

Отличительными чертами материала считаются улучшенная стойкость к засухе, влаге и морозам.

- Сульфатостойкий шлакопортландцемент ЦЕМ ША СС. Состав такого сульфатостойкого цемента представлен композитом портландцемента, доменных шлаков (на 50-60%) и алюминатов. Главное требование - содержание оксида алюминия не превышает 10 %.

Преимущества сульфатостойкого цемента [3]:

- Благодаря экономичной конструкции бетонной смеси очень высокая прочность на сжатие, превышает 20 МПа (это соответствует марке М300 и выше, классу – от В22,5);

- Очень низкая температура гидратации (помогает избежать усадочных трещин);

- Повышает коррозионную стойкость стали, предотвращая сульфатное воздействие;

- Использование сульфатостойкого цемента обеспечивает превосходную защиту от образования сульфоалюмината и, следовательно, устойчивость бетона к воздействию сульфатов;

- Увеличивает срок службы и долговечность конструкций в неблагоприятных условиях;

- Кроме устойчивости к сульфатам этот вид бетона обладает высокой водонепроницаемостью (от W4 до W20).

Недостатки сульфатостойкого цемента:

- Твердение должно происходить минимум в течение 8-10 дней;

- Взаимодействие сульфатостойкого цемента и хлоридов вызывает коррозию арматуры [1].

Использование сульфатостойких цементов обосновано для строительства сооружений, подверженных агрессивным воздействиям окружающей среды [4-5], а именно:

- сильные морозы и перепады температур;

- частые атмосферные осадки и перепады влажности, затопления, приливы и отливы, паводок, грунтовые воды;

- движение грунта, его просаживание или, наоборот, вспучивание;

- воздействие агрессивных химических жидкостей, например, грунтовые воды с нестабильным составом;

- сейсмическая активность.

Поэтому чаще всего сфера применения сульфатостойких цементов – это цинк-сульфатные мостовые сваи; гидротехнические сооружения, работающие с морской или океанической водой; подводные и подземные массивы; морские и речные молы; железобетонные сооружения; конструкции с повышенной напряженностью [6].

Сульфатостойкие цементы изготавливаются в соответствии с требованиями стандарта по технологическому регламенту (Табл.1).

Таблица 1.

Содержание минералов для сульфатостойких цементов в портландцементном клинкере, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 22266-94 [7]:

	Сульфатостойкий портландцемент, %	Сульфатостойкий портландцемент с минеральными добавками, %	Сульфатостойкий шлакопортландцемент и пуццолановый портландцемент, %
C_3S	50	Не нормируется	Не нормируется
C_3A	5	5	8
C_4AF + C_3A	22	22	Не нормируется
Al_2O_3	5	5	5
MgO	5	5	5

Представленные характеристики сульфатированных цементов свидетельствуют о том, что они обладают специальными свойствами и направлены на использование при строительстве объектов с повышенным уровнем ответственностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sulphate Resistant Cement – Composition, Properties, Uses and Advant // <https://theconstructor.org/concrete/sulphate-resistant-cement/23428/> (Дата обращения 24.02.2024)
2. Особенности сульфатостойкого цемента // <https://stroy-podskazka.ru/cement/sulfatostojkij/?ysclid=lsuw8askw156749464> (Дата обращения 24.02.2024)
3. Сульфатостойкий цемент и его свойства <https://betonok.ru/sulfatostoykiy-tsement/> (Дата обращения 24.02.2024)
4. Зорин Д.А., Хомутаев А.В. Эффективность применения сульфоферритных цементов в строительстве // Техника и технология силикатов. 2018. Т. 25. № 2. С. 39-43.
5. Борисов И.Н., Гребенюк А.А. Влияние ввода в портландцемент сульфоферритного клинкера на свойства цементного камня // Техника и технология силикатов. 2018. Т. 25. № 2. С. 44-50.
6. Sulfate attack in concrete and mortar // <https://www.understanding-cement.com/sulfate.html> (Дата обращения 24.02.2024)
7. ГОСТ 22266-94.1996 Цементы сульфатостойкие. Технические условия. Sulphate-resistant cements. Specifications.

Студенты 3 курса 31 группы ИПГС Калиниченко М.С., Калистратов В., Сыздыков Д.

Научный руководитель - доц каф.СМ., канд. техн. наук, доц. И.В. Козлова

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ С НАНОЧАСТИЦАМИ

Композиционными материалами называют полифункциональные системы, состоящие из отдельных, сохраняющих свои свойства компонентов, объединение которых позволяет получать материал нового качества, не свойственного каждому компоненту в отдельности [1]. Наличие многочисленных границ раздела между компонентами делает композит гораздо более прочным, чем исходные компоненты. Это связано с тем, что именно границы раздела фаз в композиционном материале и являются материальным носителем новых свойств.

Контактная зона взаимодействия компонентов представляет собой область относительно плавного перехода, имеющего определенную наноразмерную протяженность, от одной частицы к другой. В этой зоне и появляются новые свойства композиционного материала, отличающиеся от механической смеси составляющих его компонентов [2].

В композиционных системах выделяют следующие функции наносистем [3]:

1 структурообразующую, направленную на исследование явлений и механизмов формирования структуры высокопрочных бетонов с учетом наномодифицирования в рациональных дозировках;

2 технологическую, определяющую совместимость наноразмерных частиц с другими компонентами при введении в структуру бетона;

3 экономическую, направленную на целесообразность использования наномодификаторов в составе композиционного материала;

4 экологическую, связанную с безопасностью производства при использовании модифицирующих наносистем.

Структурообразование и модифицирование нанокomпонентов является следствием взаимосвязанных механизмов [4]:

- 1) Механизм, направленный на повышение плотности упаковки дисперсной системы, снижение общей пористости материала в связи с изменением его структуры;
- 2) Механизм, обуславливающий ускорения процесса гидратации за счет направленной кристаллизации наночастиц при формировании структуры цементного камня;
- 3) Механизм зонирования структуры твердения наноразмерными частицами;

- 4) Механизм, связанный с возможностью непосредственного химического участия наноразмерных частиц в гетерогенных процессах фазообразования гидратных соединений.

Можно привести следующие примеры получения композитов с наночастицами. При модифицировании стабилизированных однослойных нанотрубок в эфиры жирных карбоновых кислот и использование полученного концентрата в качестве связующего агента в поливинилхлоридных композициях, наполненных древесной мукой, наблюдается повышение прочности на 11%, плотности на 15%, снижение водопоглощения на 1,5 %, увеличение времени термостабильности при 180оС.

Первостепенная роль рассмотренного наномодифицирования направлена на облегчение перерабатываемости древесно-наполненной композиции, что связано с увеличенным показателем текучести расплава [5-7].

Введении комплексных полифункциональных добавок на основе углеродных нанотрубок и цеолитов в мелкозернистый бетон приводит к повышению физико-механических характеристик строительного композита на 30%.

Полученная добавка в структуру строительного композита влияет на изменение порового пространства. Это повышает объем микропор с одновременным сокращением макропор и вызывает формирование более плотной однородной структуры цементного камня.

Проведенные исследования позволили предположить, что цеолит, попадая в структуру бетона, будет выполнять функцию материала-носителя УНТ при установленных условиях модифицирования бетона, что способствует равномерности распределения УНТ в его матрице. При этом адсорбционные свойства цеолита будут усилены за счет присутствия в структуре углеродных элементов. Комплексный подход способствует повышению эксплуатационных свойств модифицированного бетона. [8-9].

В качестве еще одного примера можно привести композиционный строительный материал, изготовленный на основе серы. Композит содержит серу, ферроборовый шлак и модифицирующую добавку, состоящую из раствора каучука в керосине с концентрацией в пределах от 5 до 10 мас.%. Полученный наномодифицированный композит имеет высокие значения показателей барьерных свойств - водостойкости и стойкости к воздействию агрессивных сред - при сохранении достаточно высокого предела прочности при сжатии [10].

Благодаря рассмотренным примерам можно сделать вывод об эффективности модифицирования строительных материалов и создания наномодифицированных композитов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гладова Г.В., Шапков Д.П.* Композиционные материалы // Учеб. пособие / Москва, 2003. 59 с.
2. *Талантова К.В.* Экспериментально-теоретические исследования контактной зоны матрица - волокно строительного композита-сталефибробетона // В сборнике: Экспериментальные методы в физике структурно-неоднородных конденсированных сред ЭМФ 2001. Труды Второй Международной научно-технической конференции. Алтайский государственный университет. 2001. С. 243-248.
3. *Строкова В.В., Жерновский И.В., Череватова А.В.* Наносистемы в строительном материаловедении // Учебное пособие. СПб.: Лань, 2017. 236 с.
4. *Korolev E.V., Balakirov I.A., Smirnov V.A.* Nanocomposites with thermosetting matrix: structure formation at the interphase boundary // *Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal*. 2014. Т. 6. № 3. С. 13-28.
5. *Абдрахманова Л.А., Хантимиров А.Г., Низамов Р.К., Хозин В. Г.* Древесно-полимерные наномодифицированные поливинилхлоридные строительные композиты // *Вестник МГСУ*. 2018. Т. 13. Вып. 4 (115). С. 426–434.
6. *Бурнашев А.И.* Часть 1. Высоконаполненные поливинилхлоридные строительные материалы на основе наномодифицированной древесной муки // *Полимеры в строительстве: научный интернет-журнал*. 2016. № 1 (4). С. 12-37.
7. *Аиранов А.Х.* Часть 2. полимерные нанокомпозиты строительного назначения на основе поливинилхлорида // *Полимеры в строительстве: научный интернет-журнал*. 2016. № 1 (4). С. 38-59.
8. *Панина Т.И., Толчков Ю.Н., Ткачев А.Г., Михалева З.А., Галунин Е.В., Меметов Н.Р., Попов А.И.* Эффективность применения комплексной наномодифицирующей добавки на основе цеолитов в строительных материалах // *Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал*. 2016. Т. 8. № 5. С. 116-132.
9. *Козлова И.В., Синотова М.В.* Варианты применения цеолитов в производстве строительных материалов // *Техника и технология силикатов*. 2023. Т. 30, № 2. С. 116-128.
10. *Королев Е.В., Смирнов В.А.* Наномодифицированный композит на термопластичной матрице // Патент на изобретение RU 2495844 С1, 20.10.2013. Заявка № 2012127434/03 от 02.07.2012.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛИТ ИЗ ПЕНОПОЛИИЗОЦИАНУРАТА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПАНЕЛЬНЫХ ДОМОВ

В условиях высокой инфляции и санкционного давления, стоимость строительных и отделочных материалов, строительной техники и оборудования, а также услуг, значительно возросла. Были также зафиксированы изменения в логистических потоках, торговых балансах и конъюнктуре экспортных товаров, что создало множество экономических неопределенностей [1].

В результате этих факторов, темпы роста готовых жилых объектов в России упали. В октябре 2023 года введено в эксплуатацию только 86 198 тыс. м² жилья, что ниже показателей за 2022 год [2].

В связи с этим, разработка новых подходов к повышению объемов эффективного строительства стала необходимостью. Одним из видов строительства, который может обеспечить низкую себестоимость и, следовательно, большой спрос, является сборно-монолитное строительство.

Сборно-монолитное строительство имеет значительные преимущества, такие как: сокращение сроков реализации проектов; высокий уровень организации работ и уровня бетонных изделий; высокая степень готовности монтажных изделий; снижение стоимости строительства при массовом производстве и доступность для покупателей [3].

Преимущества данного вида возведения зданий заключается в переносе технологических процессов на заводские условия, что позволяет более тщательно контролировать соблюдение технологических процессов и повышает качество готовых домов.

Трехслойные стеновые железобетонные панели согласно ГОСТ 31310-2015 представляют собой строительное изделие, которое состоит из наружного, внутреннего и теплоизоляционного слоев.

Теплоизоляционный слой согласно нормативной документации возможно выполнять из теплоизоляционных материалов, характеристики, которых соответствуют нижеперечисленным требованиям:

- коэффициент теплопроводности теплоизоляционных материалов λ должен быть не более 0,08 Вт/(м²·С°);
- средняя номинальная плотность – не более 200 кг/м³ [4].

Чтобы повысить энергетическую, следовательно, и экономическую составляющую процесса возведения зданий, можно рассмотреть вопрос

улучшения характеристик изделий необходимых для возведения панельных зданий, а именно: трехслойных железобетонных стеновых панелей.

Повысить эффективность рассматриваемого изделия можно за счет использования материалов с характеристиками, которые не противоречат ГОСТ 31310-2015 и обладают улучшенными свойствами в сравнении с классическими материалами основных слоев.

В настоящее время на строительном рынке активно продвигаются плиты из пенополиизоцианурата. Это полимерный материал с закрытопористой структурой. Материал является легким по весу и из-за микроструктуры обладает высокими прочностными характеристиками и эффективными теплоизоляционными свойствами [5].

Таблица 1.

Сравнение характеристик каменной ваты Техноруп Н ПРОФ и плиты пенополиизоцианурата LOGICPIR SND CX/CX Технониколь

Наименование показателя	Наименование материала	Ед.изм.	Критерий	Значение
Теплопроводность	мин.вата	Вт/м·°К	не более	0,044
λБ	PIR			0,028
Прочность на сжатие при 10% деформации	мин.вата	кПа	не менее	45
	PIR			150
Группа горючести	мин.вата	степень	-	НГ
	PIR			Г4

Согласно таблице 1 плиты из пенополиизоцианурата являются более энергоэффективным материалом в сравнении с минеральной ватой. Решением вопроса горючести материала PIR будет использование вставок из негорючего материала у оконных и дверных проемов в трехслойных железобетонных стеновых панелях согласно ГОСТ 31310-2015.

Рассмотрим теплотехнический расчет двух панелей в одном районе строительства (г. Москва) с одинаковыми по толщине основными внутренним и внешним бетонными слоями, но с применением разных теплоизоляционных материалов.

При расчете согласно СП 50.133330.2012 толщины теплоизоляционных материалов будут составлять: каменная вата 144 мм

≈ 150 мм стандартной толщины материала; панель PIR 79 мм ≈ 80 мм стандартной толщины материала. Разница в толщинах составляет 70 мм.

При рассмотрении жилого односекционного здания габаритами в плане 10 м на 60 м полезная площадь застройки на одном этаже при применении стеновых панелей с утеплителем из каменной ваты будет составлять 551,15 м². В таком же здании на одном этаже при использовании стеновых панелей с утеплителем из плит пенополиизоцианурата полезная площадь застройки будет составлять 561,11 м².

Большей частью застройки в г. Москва являются многоэтажные здания этажностью в 25 этажей. Следовательно, площадь застройки с применением стеновых панелей с утеплителем из каменной ваты равна 13778,75 м², при стеновых панелях с утеплителем из плит пенополиизоцианурата равна 14027,75 м².

За 2023 год 1 м² стоил 339 тыс. рублей. При первом варианте застройщик может продать здание за 4,67 млрд. рублей. При втором варианте общая выручка составит 4,755 млрд. рублей. Разница составляет 85 млн. рублей. Тем самым застройщик сохраняет энергоэффективность здания и повышает экономическую эффективность процесса строительства и ввода в эксплуатацию объекта.

Для здания в 25 этажей необходимо 10500 м² мин.ваты. Один м² стоит 2009 рублей, следовательно, цена за материал будет составлять 21,09 млн. рублей. Плит из пенополиизоцианурата требуется 10500 м². Один м² стоит 1745 рублей, следовательно, цена за материал будет составлять 18,32 млн. рублей. Разница в закупке материалов составляет 2,77 млн. рублей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Даченкова Т. Сокращение запуска новых жилищных проектов – причины и пути преодоления кризиса // Novostroy : [сайт]. — URL: <https://www.novostroy.ru/articles/market/sokrashchenie-zapuska-novykh-zhilishchnykh-proektov-prichiny-i-puti-preodoleniya-krizisa/> (дата обращения: 01.02.2024).

2. Общий строительный объем введенных зданий // ЕМИСС : [сайт]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/40561> (дата обращения: 01.02.2024).

3. Терентьев А. В. Особенности технологий сборно-монолитного каркасного строительства объектов // Международный научный журнал "Вестник науки". 2023. № 5. С. 541-550.

4. ГОСТ 31310-2015 «Панели стеновые трехслойные железобетонные с эффективным утеплителем», 2016.

Студент 3 курса 31 группы ИПГС Каменский К.И.

Научные руководители – зав. кафедрой СМ., д-р техн. наук, проф.

Самченко С.В., доц. каф. СМ, канд. техн. наук, доц. Ларсен О.А.,

аспирант П.С. Калмакова

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННО-КОНСТРУКЦИОННЫЕ БЕТОНЫ НА ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ КАМЧАТКИ

В современном строительстве существует актуальность поиска альтернативных материалов и технологий, направленных на возможность расширения существующей сырьевой базы [1-3].

Необходимо развивать производство эффективных строительных материалов из местного минерального сырья для строительства в районах с суровыми климатическими условиями, таких как Восточная Сибирь и Дальний Восток. В регионах имеются значительные запасы сырья для производства легких бетонов с использованием пористых заполнителей, таких как вулканический шлак, пемза и туф.



Рис. 1. Вулканический шлак с Камчатки

Преимущества использования природных пористых заполнителей в легком бетоне обуславливают необходимость их применения в строительстве. [4].

Один из перспективных путей развития в регионах с суровыми климатическими условиями - производство теплоизоляционно-конструкционных бетонов с применением местных пористых заполнителей вулканического происхождения, например, пористых заполнителей с Камчатки. Эти заполнители сочетают низкую стоимость и высокие теплоизоляционные свойства, что делает их наиболее экономичным и малоэнергоемким строительным материалом.

В настоящее время актуальным является, по нашему мнению, проведение исследований в направлении расширения области применения природных пористых заполнителей и отходов каменных карьеров [5-7].

В данном исследовании был использован вулканический шлак с Камчатки. Вулканические шлаки образуются из жидкой магмы. Они имеют темную окраску, от красноватой до черной, структура

крупнопористая, ноздреватая. Насыпная плотность щебня 400...850 кг/м³, песка 650...1300кг/м³.

Целью исследования является изучение гранулометрического, фазового и химического состава шлака с целью дальнейшего использования его в теплоизоляционно-конструкционных бетонах.

Автором статьи [8] был определен химический и фазовый состав вулканического шлака с Камчатки.

Таблица 1.

Химический состав вулканического шлака

Соединение	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	TiO ₂	K ₂ O
Содержание, %	49,31	17,8	6,79	10,42	4,53	4,62	1,92	2,92

Продолжение таблицы 1.

Соединение	SO ₃	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	Co ₃ O ₄	NiO	ZnO
Содержание, %	0,4	1,07	0,18	0,008	0,012	0,007	0,013

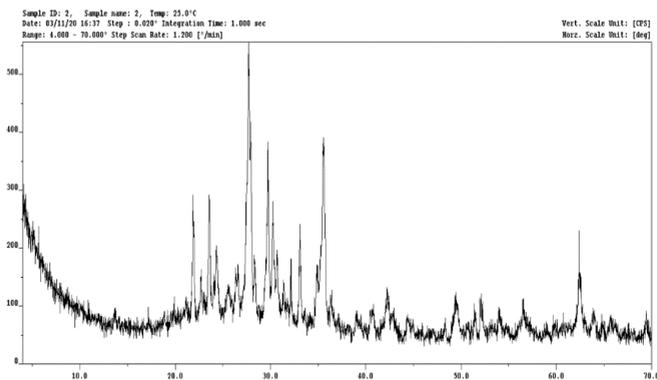


Рис. 2. Рентгенодифрактограмма вулканического шлака

Физико-химический анализ позволяет сделать вывод, что вулканический шлак представлен минералами анортитом CaAl₂Si₂O₈ в количестве 58,3%; нефелином NaAlSi₃O₈ в количестве 2,4%; нематитом Fe₂O₃ в количестве 7,4%; авгитом (Ca,Na)(Mg,Fe,Al,Ti)(Si,Al)₂O₆ в количестве 21,9% и аморфной фазой в количестве 10%.

В таблице 2 представлен гранулометрический состав вулканического туфа с Камчатки навеской 5 кг, который был использован в исследовании. По гранулометрическому составу можно определить пригоден ли шлак в качестве крупного заполнителя.

Таблица 2.

№ сита, мм	Масса, г	№ сита, мм	Масса, г
------------	----------	------------	----------

40	4,3	1,25	0
20	815,9	0,63	0
10	4110	0,315	0
5	52,6	0,150	0
2,5	0	Общая масса	5000

Вывод исследования: Применение теплоизоляционно-конструкционных бетонов на пористых заполнителях позволяет уменьшить вес бетонных и железобетонных конструкций, улучшить теплоизоляцию и звукоизоляцию зданий, а также сократить расходы на транспортировку и монтаж, а также уменьшает общую стоимость строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Жаканов А.Н.* Природные пористые заполнители легкого бетона ЕНУ Гумилева, респ. Казахстан, г. Астана, 2023 г.

2. *Ларсен О.А., Альобаиди Д.А.Н., Наруть В.В., Матюшин Е.В., Бутенко К. А., Веселов В.К.* Получение доломитового микрозаполнителя для бетонов, эксплуатируемых в условиях сухого жаркого климата // Техника и технология силикатов. 2023. Т.30. № 1. С. 56 – 65.

3. *Дворников Р.М., Самченко С.В.* Формирования ячеистой структуры поризованного арболита // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. №1. С. 82 – 91.

4. *Симонов М.З.* Основы технологии легких бетонов – М.: Стройиздат, 1996. – 207 с.

5. *Larsen O.A., Bulgakov V.I., Gafarov R.M., and Melihov D.O.*. Influence of light aggregate on structure formation of lightweight concrete. Journal of Physics: Conference Series 1614 (2020)

6. *Larsen O., Samchenko S., Bakhrakh A., Polozov A.* Evaluation of Pozzolanic Activity of Mineral Additives for Hydraulic Concrete // Solid State Phenomena, 2022. Vol. 334.

7. *Ларсен О. А., Александрова О. В., Наруть В. В., Полозов А. А., Бахрах А. М.* Исследование свойств активных минеральных добавок для применения в гидротехническом строительстве. Вестник БГТУ. 2020. №8. С. 8-17.

8. *Ларсен О.А., Веселов В.К., Калмакова П.С.* Исследование состава вулканического шлака Дальнего Востока для использования в конструкционном самоуплотняющемся бетоне. Сборник материалов НИУ МГСУ. 2023.

Студентка 2 года обучения 31 группы ИПГС Катунина И.А.

Студентка 1 курса 31 группы ИПГС Богатова О.Н.

Студентка 1 курса 31 группы ИПГС Горевая Е.В.

Научный руководитель – проф каф.СМ., д-р техн.наук, проф. В.А. Ушков

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ЗАЛИВОЧНЫЕ ЭПОКСИДНЫЕ ПЕНОПЛАСТЫ ПОНИЖЕННОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Повышение энергоэффективности и термического сопротивления строительных конструкций достигается за счет применения эффективных полимерных теплоизоляционных материалов, в качестве которых используют газонаполненные полимеры (пенопласты). Пенопласты низкой кажущейся плотности (30–200 кг/м³) имеют низкий коэффициент теплопроводности (0,032-0,045 Вт/м · К), высокую теплостойкость (100-140°С) и хорошее соотношение прочности и плотности. Широкие перспективы для промышленного применения имеют заливочные эпоксидные пенопласты, обладающие высокими эксплуатационными характеристиками [1 – 5].

В России разработаны два основных способа получения пенополиэпоксидов (ППЭ): марки ПЭ - вспенивания пенопластов происходит при повышенных температурах и марки ПЭП – вспенивание при температуре 20-25°С. Эпоксидные пенопласты марок ПЭ-1, ПЭ-2, ПЭ-2Т, ПЭ-3, ПЭ-5 получают в результате вспенивания и отверждения эпоксидной смолы марки ЭД-16 с помощью аминных отвердителей. Пенопласты марок ПЭ-1, ПЭ-2, ПЭ-2'Г и ПЭ-3 вспенивают при помощи порофора ЧХЗ-57, а ППЭ марки ПЭ-5 – хладоном-113 (ручная заливка) или хладоном-142 (машинная заливка). Пенопласт марки ПЭ-6 вспенивают хладоном-113. ППЭ обладают повышенной пожарной опасностью. Поэтому разработка заливочных эпоксидных пенопластов с пониженной горючестью является актуальной задачей.

В данной работе заливочные эпоксидные пенопласты получали на основе диановой эпоксидной смолы марки ЭД-20 и полиэтиленполиаминов направленного синтеза, обладающих пониженной токсичностью. В качестве вспенивающего агента применяли жидкость марки 136-41, а в качестве ПАВ – КЭП-1.

Для модификации полиэпоксидов использовали галогенсодержащие эпоксидные смолы марок УП 645-Б, УП-563, УП-647, УП-655 и сланцевую смолу, представляющую собой продукт конденсации фракций сланцевых смол с гексаметилентетрамином и формальдегидом. В качестве антипиренов применяли фосфатные пластификаторы, хлорпарафин марки Парахлор-380, броморганические соединения, отходы производства тетрабромдифенилпропана и фосфорсодержащий олигоэфирметакрилат. Физико-механические характеристики ППЭ и

показатели пожарной опасности определяем в соответствии с действующими ГОСТами.

Эпоксидированные отходы производства тетрабромдифенилолпропана при их содержании более 17 мс. % повышают КИ пенопластов до 27%. С ростом содержания указанного антипирена возрастают плотность и прочность ППЭ.

Положительный эффект достигается и при применении в качестве антипиренов фосфоросодержащего олигоэфирметакрилата. Основные эксплуатационные характеристики модифицированных эпоксидных пенопластов пониженной горючести приведены в табл. 1.

Таблица 1

Эксплуатационные свойства и горючесть заливочных эпоксидных пенопластов строительного назначения

Показатели	Тип модификатора		
	Эпоксидный олигомер марки УП-563	Фосфорсодержащий олигоэфирметакрилат	Отходы производства тетрабромдифенилприпана
Плотность, кг/м ³	200-210	170-235	175-228
Водопоглощение за 24 часа, %объемн.	6,4-7,2	6,7-7,8	6,4-7,5
Кислородный индекс, %	21,1-21,5	27,2-28,5	28,4-29,2
Коэффициент теплопроводности, Вт/(мК)	0,054-0,056	0,052-0,054	0,052-0,058
Прочность, МПа, при			
Сжатии	2,5-2,8	1,62-2,65	1,12-2,65
Растяжении	1,2-1,4	0,54-1,25	0,48-1,1

Установлено, что термостойкость и горючесть исследованных ППЭ практически не зависит от химической природы отвердителя: температура начала интенсивного разложения составляет 230-240°C, максимальная скорость разложения - 330-340°C, а кислородный индекс

(КИ) – 19,2-19,7%. Концентрация оксидов углерода в продуктах пиролиза ППЭ при температуре 450-750°C практически не зависит от содержания отвердителя полиэтиленполиамина в исходной композиции:

	CO/CO_2 , об. %
450°C	- 0,25-0,26/0,4-0,46
600°C	- 0,7-1,0/8,0-13,0
750°C	- 0,2-0,25/16,5-17,0

Выявлено, что фосфатные пластификаторы практически не влияют на технологические свойства пенополиэпоксидов: время старта равно 160-180 с., а продолжительность вспенивания – 14-18 мин. Горючесть ППЭ не зависит от химической природы фосфатного пластификатора (КИ = 19,7-21,2%, критическая плотность теплового потока воспламенения $g_{кр} = 21-23$ кВт/м²).

Более высоким пламягасящим действием обладают бромсодержащие антипирены аддитивного типа. Высокую эффективность пламягасящего действия имеет и хлорированный парафин марки Парахлор-380 (КИ возрастает до 25%, а $g_{кр}$ равно 18,3-19,3 кВт/м²). Парахлор-380 повышает деформативные характеристики и снижает водопоглощение пенополиэпоксидов.

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований авторами разработаны эпоксидные пенопласты строительного назначения пониженной горючести, обладающие высокими физико-механическими показателями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Берлин А.А., Шутов Ф.А.* Пенополимеры на основе реакционноспособных олигомеров. - М.:Химия, 1978. - 296с.
2. *Сахаров В.И.* Пенэпоксидная теплоизоляция сооружений в районах с суровым климатом. – Л.: Стройиздат, Лен. Отделение, 1980. - 144с.
3. *Клемпнер Д.* Полимерные пены и технологии вспенивания / Пер. с англ. Под ред. А.М. Чеботаря. – СПб.: Профессия, 2009. – 600 с.
4. *Колосова А.С., Пикалов Е.С.* Современные газонаполненные полимерные материалы и изделия // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. - №10. – С. 54-67.
5. *Бакирова И.Н., Зенитова Л.А.* Газонаполненные полимеры: учебное пособие. Казань: Изд. КГТУ, 2009. – 105с.

ПРИМЕНЕНИЕ КАРБОНАТНЫХ МИКРОНАПОЛНИТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОНОВ

Самоуплотняющийся бетон (СУБ) открывает перед современным строительством новые возможности благодаря своим уникальным свойствам и характеристикам. Этот технологичный материал способен самостоятельно уплотняться под воздействием собственного веса, полностью заполняя любую форму, даже в густоармированных конструкциях сложных форм.

Бетонная смесь для СУБ имеет некоторые важные особенности:

- Невысокое водоцементное отношение 0,38...0,4;
- Удобоукладываемость смеси достигает до 70 см по расплыву конуса;
- Прочность получаемого бетона обычно составляет 100 МПа.

Эти характеристики обеспечивают высокую плотность материала и отсутствие крупных пор и капилляров в его структуре. Это, в свою очередь, предотвращает проникновение агрессивной среды вглубь бетона и снижает риск развития процессов коррозии.

Помимо этого, изменение влагосодержания заполнителей, изменение их гранулометрического состава и последовательности дозирования - главные факторы, которые могут, как по отдельности, так и вместе, оказывать влияние на однородность получаемого материала в процессе производства самоуплотняющегося бетона.

Для улучшения характеристик бетона можно использовать различные компоненты, такие как зола-унос, доменный гранулированный шлак или карбонатный микронаполнитель. Эти компоненты способствуют повышению качества бетона и его долговечности. Очень важно также применять стабилизаторы в виде регуляторов вязкости, которые помогут предотвратить водоотделение в процессе застывания бетона.

Важно учитывать, что содержание тонкодисперсной части, объединяющей вяжущее вещество и микронаполнитель, должно колебаться в пределах от 380 до 600 кг/м³. Чтобы избежать усадки бетона, содержание цемента не должно превышать 500 кг/м³. Дополнительно для обеспечения оптимальных характеристик, следует учитывать процентное соотношение крупного и мелкого заполнителей. Крупный заполнитель с максимальной крупностью 20 мм должен составлять 28-35% от общего объема смеси, а мелкий заполнитель – 48-55% от общей массы заполнителя при содержании воды около 210 кг/м³ [1].

Существует перспективное направление в производстве СУБ, которое заключается в возможности использования карбонатных наполнителей. Этот метод не только способствует созданию бетонной смеси с нужными

прочностными характеристиками, но и эффективно решает проблему утилизации техногенных отходов.

Карбонатные породы, такие как известняки и доломиты, не только являются одними из самых распространенных горных пород в России, но и представляют собой важный элемент для строительной индустрии. С их низкой стоимостью и легкой доступностью сырья, а также возможностью переработки отходов дробильных производств, эти породы используются в различных отраслях. Известняки и доломиты широко применяются в производстве цемента, а также в строительстве для создания качественных материалов [2]. Известняк тонкого помола обладает специфическими свойствами, благодаря которым он становится важным компонентом в производстве цемента. Его взаимодействие с гидросульфатом алюмината AFm – фазой портландцемента обеспечивает ускоренную гидратацию портландцементного клинкера и повышает прочность цементного камня. Добавление известняковых порошков в бетонную смесь приводит не только к уменьшению водопотребности, расслаиваемости и усадки бетона при твердении, но и к увеличению плотности и пластичности материала.

Использование карбонатных пород в строительстве и производстве материалов может значительно улучшить характеристики конечного продукта, делая его более прочным, устойчивым и долговечным. Поэтому известняки и доломиты продолжают оставаться востребованными в строительной отрасли благодаря своим уникальным свойствам и преимуществам.

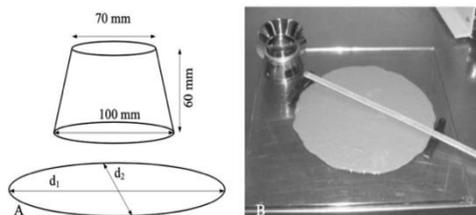


Рис.12. Схема испытания на растекаемость

Самоуплотняющийся бетон требует точного определения водопотребности тонкодисперсных компонентов. Оптимальное содержание влаги в смеси, в сочетании с другими параметрами, такими как тип и количество цемента, играет решающую роль в формировании капиллярных пор и обеспечении необходимой гидратации [3-5]. Испытание на растекаемость - это один из классических методов определения водопотребности тонкодисперсных материалов, который широко применяется в производстве самоуплотняющихся бетонных смесей (Рис. 1).

Этот метод позволяет выявить материалы, склонные к водоотделению или расслоению, не усложняя процесс приготовления в сравнении с растворными или бетонными смесями.

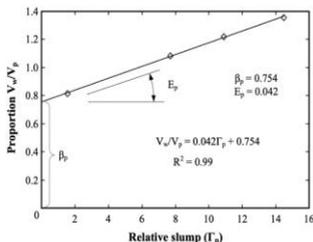


Рис. 2. Экспериментальное определение диаметра расплыва теста/пасты, показывающее зависимость изменения относительного диаметра расплыва Γ_p от водотвердого отношения (В/Тв)

Для получения точного анализа порошка, сначала готовят суспензию, смешивая его с различным количеством воды. Затем смесь заливают в специальную коническую форму-конус Хагермана и поднимают ее вверх, чтобы обеспечить равномерное течение теста. Важно иметь подходящую рабочую

поверхность - сухую, чистую, горизонтальную и непоглощающую (например, стеклянная пластина). Для определения двух диаметров теста в перпендикулярных направлениях (d_1 и d_2) производится анализ его расплыва (Рис. 2). Они используются для вычисления среднего значения относительного диаметра расплыва (Γ_p):

$$\Gamma_p = \left(\frac{d}{d_0}\right)^2 - 1,$$

где $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$, d_0 - диаметр основания используемого конуса, равного 100 мм для конуса Хагермана.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Окамура Х., Одзава К., Оучи М.* Самоуплотняющийся бетон // Конструкционный бетон, 2000
2. *Хозин В.Г., О. В. Хохряков, И. Р. Сибгатуллин* «Карбонатные» цементы низкой водопотребности, 2021
3. *Кёниг Г., Чолиермахер К., Дечн Ф.* Самоуплотняющийся бетон. Берлин: Bauwerk Verlag GmbH, 2001
4. *Ларсен О.А., Солодов А.А., Наруть В.В., Бутенко К.А., Веселов В.К.* Исследование свойств тонкодисперсных материалов для получения самоуплотняющегося бетона // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. № 4. С. 359-368.
5. *Dr. Raju.* A Review: On Self Compacting Concrete. Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology. 2023. 44. p. 1052-1058. DOI: 10.52783/tjjpt.v44.i5.2731.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

В 21 веке в мире нарастает тенденция использования вторичного сырья при производстве материалов. Она складывается из двух частей: уменьшить пагубное влияние отходов на экологию и снизить затраты на производство продукции [1-5]. Одним из основных видов загрязнений являются автомобильные шины. В год только в РФ образуется более 1 миллиона тонн этих отходов, а перерабатывается не более 150 тысяч тонн, хотя мощностей производств хватает на переработку 450 тысяч тонн в год. В результате переработки получается резиновая крошка разной фракции, у которой на данный момент не так много применений, например, подсыпка под асфальт, покрытие детских площадок и беговых дорожек и заполнение ей отбойников. Из-за низкого спроса на это вторичное сырье, переработка большего объема нецелесообразна [6-10].

В данной работе приведены результаты исследования гипсобетона на основе заполнителя из резиновой крошки. Использовалась резиновая крошка двух фракций 0,6 мм и 0,8 мм. Ее вводили в состав вяжущего 5, 10, 20 % от массы гипса. Исследовалось влияние фракции и количества вводимой крошки в гипсобетонную смесь на свойства гипсовых композитов без использования добавок и пластификаторов. Также исследована зависимость подвижности смеси относительно количества вводимой резины. Полученные результаты приведены в табл. 1. Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что резиновая крошка с увеличением содержания снижает подвижность и вопреки своей гидрофобности имеет свойство перераспределять воду в объеме – имеет определенную водопотребность. Из данных прочности при сжатии и изгибе можно выделить два основных момента:

1. С увеличением содержания резиновой крошки значительно снижается прочность при сжатии, до 45% от изначальной при введении 20% от массы гипса;

2. Испытуемые фракции не отличаются по интенсивности снижения прочности.

Таким образом, резиновая крошка снижает не только подвижность смеси, но и прочность гипсового композита.

Но этими показателями можно пренебречь при производстве изделий из пеногипса, где прочность при сжатии и изгибе довольно низкая, например, пазогребневые плиты [11-12], с введение резины в их состав мы можем снизить теплопроводность и повысить звукопоглощение.

Таблица 1

Показатель	Результаты испытаний						
	Фракция	0,6 мм			0,8 мм		
Содержание по массе	-						
Диаметр расплыва, мм	0%	5%	10%	20%	5%	10%	20%
Прочность при изгибе, МПа	185	165	145	100	170	130	110
Прочность при сжатии, МПа	5,2	3,9	3,6	2,6	3,8	3,6	2,6
Плотность, кг/м ³	16,5	11,97	10,46	7,28	11,52	10,13	7,46
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*К)	1284	1238	1211	1190	1233	1192	1168
	0,725	0,691	0,664	0,626	0,677	0,642	0,583

Сильное снижение прочности - основной минус такого гипсового композита, но эта проблема решаема. Основные методы повышения прочности композита на основе резиновой крошки – травление поверхности резины щелочью и добавление в состав активных минеральных добавок.

Подводя итог, можно отметить, что рассмотренный вариант утилизации резиновой крошки в качестве компонента гипсобетона, позволит улучшить экологическую обстановку в стране и добиться получения эффективного строительного материала с повышенными тепло-и звукоизоляционными характеристиками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Рахимов Р.З.* Химическая промышленность, экология и минеральные вяжущие вещества // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. № 2. С. 104-111.

2. *Гусев Б.В., Кривобородов Ю.Р., Потанова В.А.* Возможность вторичного применения бетонолома // Техника и технология силикатов. 2020. Т. 27. № 1. С. 28-31.

3. *Косарев А.С., Смолий В.А.* Разработка технологии производства искусственного пористого заполнителя на основе стеклобоя и золотшлаковых отходов // Техника и технология силикатов. 2019. Т. 26. № 3. С. 66-71.

4. *Ларсен О.А., Дмитриев Н.С., Наруть В.В., Швецова В.А.* Повышение эффективности бетонов с использованием рециклингового

- заполнителя // *Техника и технология силикатов*. 2019. Т. 26. № 2. С. 46-52.
5. *Минько Н.И., Добринская О.А.* Технологические особенности использования стеклобоя в производстве стекломатериалов // *Техника и технология силикатов*. 2019. Т. 26. № 1. С. 9-14.
6. *Резаев Е.И., Тюлюш Ч.О., Баженова Е.В.* Проект по переработке изношенных автомобильных шин и резиновых технических изделий в резиновую крошку // *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*. 2013. Т. 2. № 9. С. 130-132.
7. *Казакова А.С., Щербакова М.С.* Исследование свойств формовых резиновых смесей, наполненных резиновой крошкой // В сборнике: *Материалы LVI отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2017 год. Часть 1*. 2018. С. 144.
8. *Каблов В.Ф., Шабанова В.П., Перфильев А.А., Перфильев А.В.* Ресурсосберегающая технология изготовления резиновых изделий из резиновой крошки // В книге: *XXIII Межвузовская научно-практическая конференция молодых ученых и студентов г. Волжского*. 2017. С. 92-94.
9. *Кривошеева Л.В., Хитрово И.А., Белицкий Г.А.* Об использовании резиновой крошки для покрытий на стадионах и детских площадках // В сборнике: *Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии. доклады XXII научно-практической конференции*. 2017. С. 159-161.
10. *Разинькова С.А., Целовальников М.А.* Резиновая крошка - новый ресурс // В сборнике: *Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*. 2016. С. 1373-1376.
11. *Минаева Н.А.* Экспериментальные исследования звукоизоляции пазогребневых плит, обшитых гипсокартонными плитами // *Academia. Архитектура и строительство*. 2010. № 3. С. 194-197.
12. *Гречишкин А.В., Литвинова М.А., Праслов М.А.* Экспериментальная оценка звукоизоляции перегородок из пазогребневых плит и блоков // *Образование и наука в современном мире. Инновации*. 2019. № 2 (21). С. 188-192.
13. *Бахтина А.А., Львова Д.В.* Пазогребневые плиты // В сборнике: *Современная наука как основа формирования мировоззрения. Материалы международной научно-практической конференции*. Ответственный редактор А.А. Зарайский. 2018. С. 7-8.

Студентка 4 курса 33 группы ИПГС Монахина А.А.

Студентка 4 курса 33 группы ИПГС Калинина М.С.

*Научный руководитель – доц каф.СМ., канд. техн. наук, доц.
С.И.Баженова*

ВЛИЯНИЕ ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИХ ДБАВОК НА СВОЙСТВА БЕТОНА

Бетон – является искусственным камнем, это один из самых прочных материалов, который создан человеком. При этом даже у бетонных конструкций есть изъяны, самый главный из них то, что они впитывают воду.

Так как в структуре бетона имеет мелкие поры и трещины возникающие при усадке, он впитывает воду и пары из окружающей среды. В итоге бетон намокает, а растворенные в воде соли и кислоты после высыхания остаются как сухой остаток при этом увеличиваются в 20 раз, при этом на поверхности искусственного камня образуются высолы, коррозия и плесень. Все это разрушает бетон делая его менее прочным, приводя к разрушению всей конструкции.



Рис 1. Микротрещины в необработанном бетоне

Данные добавки необходимые для нескольких типов сооружений, такие постройки необходимо защищать от влаги. К ним можно отнести:

- Газобетонные конструкции;
- железобетонные сооружения;
- все бетонные изделия, эксплуатация которых будет происходить в условиях повышенной влажности или прямом взаимодействии с водой.

Все эти виды изделия наиболее подвержены разрушению при взаимодействии с окружающей средой, так как может разрушаться структура бетона или начинает коррозировать арматура.

Правила защиты железобетонных конструкций от коррозии определяются СП 28-13330, СП 72-13330, ГОСТ 31384-2008 и другими документами.

Любые виды гидрофобизирующих добавок приспособлены для того, что бы можно придать бетону свойства водоотталкивания, но разные методы отличны в своей работе:

- Использование добавок гидрофобизаторов для изготовления бетона.
- Методом смещения водоцементного соотношения, что увеличивает плотность бетона. При уменьшении воды в цементном тесте получается более плотная структура бетона, при этом он впитывает меньшее количество воды.
- Обработка бетона гидрофобизатором. В данном методе вещества, которые отталкивают воду наносятся на поверхность бетона, создавая пленку защищающую конструкцию от воздействия воды. Это можно осуществить разными методами: оклейка специальными материалами, обмазка резино-битумной мастикой (мастика в расплавленном виде наносится на поверхность бетона при этом образуя водонепроницаемый слой).

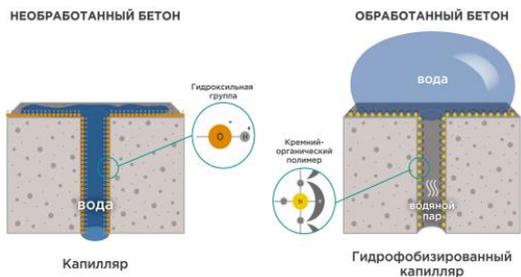


Рис. 2. Воздействие воды на необработанный и обработанный бетон

При возведении гидротехнических сооружений зачастую используют способ, при котором еще на этапе смешивания цементного раствора добавляют компоненты, способные повышать водоотталкивающие свойства.

Или же на уже готовую бетонную смесь наносится гидрофобизатор, Работа большинства составов заключается во воздействии на молекулярном уровне. При глубоком проникновении под поверхность происходит химическая реакция и образуется кристаллическая решётка,

которая не позволяет проникать влаге, но не препятствует проникновению воздуха. Также используется как защита от паров с вредящими структуре бетона веществами.

Гидрофобизаторы наделяют бетон такими свойствами:

- Снижение паропроницаемости материала снижается на 10 - 15%, что позволяет препятствовать созданию благоприятных условий для образования грибка и плесени;
- защищает поверхность от оседания пыли и загрязнений;
- в некоторых случаях внешний вид конструкции улучшается, в других не меняется;
- повышается морозоустойчивость конструкции;
- образуется дополнительная защита металлической арматуры от коррозии;
- не происходит образования высолов.

Несмотря на марку по прочности, вода способна разрушать и его структуру после долгого воздействия. Для хорошей защиты изделия нужно минимизировать его взаимодействие с влагой.

При обработке бетонного или железобетонного изделия гидрофобизатором, можно снизить водопоглощение бетона и увеличить морозостойкость, что в итоге увеличивает марку бетона по водонепроницаемости и морозостойкости. От состава бетона, расхода цемента и водоцементного соотношения в бетонной смеси зависит эффективность гидрофобизатора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бетон без недостатков: все о гидрофобизаторах // cemmix : сайт. – URL: <https://cemmix.ru/practical-issue/prakticheskie-voprosy/beton-bez-nedostatkov-vse-o-gidrofobizatorakh> (дата обращения: 23.02.2024)

2. *Гетьман, Л.П.* Экспериментальная оценка эффективности гидрофобизации каменных материалов : специальность 08.04.01 Строительство, Профиль «Техническая эксплуатация и реконструкция зданий и сооружений» : диссертация на соискание магистр / Гетьман Л.П.. – Тольятти, 2017. – 110 с.

3. Как правильно применяется гидрофобизатор для бетона // Выставка и продажа домов Малоэтажная страна : сайт. – URL: <https://m-strana.ru/articles/gidrofobizator-dlya-betona/> (дата обращения: 23.02.2024)

4. СП 28-13330 : дата введения 2017-08-28. – Москва : Свод правил, 1985. – 74 с.

5. СП 72-13330 : дата введения 2017-06-17. – Москва : Свод правил, 1985. – 55 с.

Студентка 4 курса 31 группы ИПГС Москвитина Д.В.

Студентка 4 курса 31 группы ИПГС Петроченко Ю.М.

Научный руководитель - доц. каф.СМ, канд. техн. наук, доц. С.И. Баженова

ДЕКОРАТИВНЫЙ БЕТОН ДЛЯ МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ

Малые архитектурные формы (МАФы) — это архитектурные конструкции, имеющие практическое и декоративное назначение, используемые для организации пространства с целью обеспечения комфортной жизни и досуга.

Декоративный бетон — это популярный и универсальный материал для создания малых архитектурных форм, который объединяет в себе прочность, долговечность и эстетичность. Он может использоваться для отделочных работ (декоративная штукатурка, создания лепнины и балясин, облицовочная плитка), а также для изготовления различных элементов городской инфраструктуры (таких как скамейки, уличное освещение, фонтаны, ограждения).

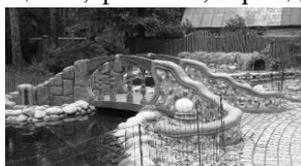


Рис. 1 – Применение декоративного бетона для малых архитектурных форм

В отличие от бетона, применяемого в строительстве, декоративный бетон не несет конструктивную нагрузку и имеет особые методы обработки поверхности (шлифовка, обработка кислотами, абразивоструйная обработка, покраска и др.) и формования. Декоративный бетон, а также растворы на его основе, могут изготавливаться как в заводских условиях, так и непосредственно на объекте. К основным методам формования декоративного бетона относят:

1) Метод трамбования (набивки) — используется для создания жестких декораций, однако данный метод дает большой процент брака и низкую прочность материала.

2) Вибропрессование — изготовление бетона при помощи вибропресса и пресс-форм. Таким образом делают плитку и брусчатку для тротуаров и иные несложные формы.

3) Прессование — используется для изготовления прочных, морозостойких деталей с тонкими стенками. Для работы применяется гидравлический пресс и пресс-формы.

4) Литье. При данном методе приготовленный раствор разливают по формам, применяя для утрамбовки глубинные вибраторы.

5) Тиснение. Такую технологию применяют при оформлении площадок, пешеходных дорожек, при художественной отделке стен зданий. Работа заключается в использовании штампов и оттисков, при помощи которых формируют фактурную или тисненую поверхность. [5]

По своему составу декоративный бетон принципиально не отличается от конструкционного [3], несмотря на это подбор компонентов зависит от художественной задумки проектировщика. Для декоративных целей рекомендуется применять светлый состав, что обеспечивается свойствами декоративного бетона. Как и все виды бетонов, декоративный (архитектурный) бетон должен изготавливаться с соблюдением требований ГОСТ 25192-2012 и ГОСТ 26633-2015, однако понятия «декоративный бетон» нет в ГОСТах и СНИПах, так как нормативные требования к этому материалу еще не разработаны. Тем не менее, существует документ «Методические указания по применению архитектурных бетонов», составленный АО «НИЦ «Строительство». Опираясь на рекомендации методических указаний [1], основные показатели декоративного бетона приведены в таблице 1. [4]

Таблица 1

Зависимость сферы применения от характеристик декоративного бетона

Показатель применения	Сфера	Покрытия из бетона	Объекты монументального искусства
Средняя плотность, ρ , кг/м ³		2200-2500	1800-2500
Вид бетона по типу заполнителя		Тяжелый и мелкозернистый	
Прочность при сжатии, $R_{сж}$, МПа, не менее		60	
Класс по прочности, не менее		B45	
Усадка, мм/м, не более		0,3	
Марка по истираемости, не ниже		G1	
Марка морозостойкости, не менее	по	F500	
Марка водонепроницаемости, не менее	по	W16	W12

Декоративный бетон обладает высокой прочностью и устойчивостью к различным атмосферным воздействиям, включая влажность, ультрафиолетовое излучение, агрессивные химические компоненты и механическую нагрузку. Это гарантирует долговечность и надежность

конструкций из декоративного бетона, что особенно важно для объектов малых архитектурных форм, которые используются в ландшафтном дизайне для придания околodomовой территории и городской инфраструктуре особого колорита.

Одним из основных достоинств декоративного бетона является его видоизменяемость [2]. Благодаря различным методам отделки, таким как окраска, травление, шлифовка, формовка и др., бетон может приобретать разнообразные текстуры и оттенки, имитируя природные материалы, такие как камень, кирпич, дерево и т.д. Это позволяет архитекторам и дизайнерам создавать уникальные элементы малых архитектурных форм. Еще одним преимуществом декоративного бетона является его экологическая устойчивость. Он изготавливается из натуральных материалов — цемента, воды, заполнителей, не выделяет вредных веществ и не загрязняет окружающую среду.

Благодаря этим свойствам, декоративный бетон отлично подходит для использования в городской среде, способствуя созданию экологически чистых и красивых общественных пространств. Однако, несмотря на все преимущества декоративного бетона, следует учитывать некоторые ограничения и особенности его применения. Во-первых, процесс создания элементов из декоративного бетона требует определенных навыков и опыта. Во-вторых, стоимость декоративного бетона может быть выше по сравнению с обычным бетоном. И, наконец, необходимо учитывать особенности ухода за элементами из декоративного бетона, так как они могут требовать регулярного обслуживания и очистки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Методические указания по применению архитектурных бетонов», *АО НИЦ «Строительство»*. — М.: Минстрой России, 2018.
2. *Дворкин, Л. И., Дворкин Л.О.* Специальные бетоны. Учебное пособие. — М.: Инфра-Инженерия, 2013. — 368 с.
3. *Баженов Ю.М.* Технология бетона — М.: Изд-во АСВ, 2011. — 528 с.
4. Декоративный бетон для малых архитектурных форм // *gruntovozov.ru* : сайт. — URL: <https://gruntovozov.ru/chasto-zadavayemiye-voprosy/vidy-betona/vidy-betona-po-naznacheniyu/speczialnyj-beton/dekorativnyj-beton/> (дата обращения: 22.02.2024)
5. *Баженова О. Ю., Фетисова А. А., Щербенёва О. А.* Мелкозернистые бетоны для архитектурных деталей и малых форм // *Инновации и инвестиции*. — 2020. — №. 7. — С. 144-147.

Студент 3 курса 32 группы ИПГС Неробелов С.Д.

Студент 3 курса 32 группы ИПГС Красин Я.А.

*Научные руководители – доц., канд. техн. наук, доц. И.В. Козлова,
старший преподаватель М.О. Дударева*

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ ЦЕМЕНТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

К многокомпонентным цементам относят цементы, содержащие кроме клинкера и гипса другие минеральные добавки, что видоизменяет традиционное наименование цементов и их маркировки. Использование многокомпонентных цементов позволяет значительно экономить топливо в цементной промышленности и утилизировать минеральные отходы различных производств народного хозяйства [1].

К многокомпонентным цементам применяется системный подход, разрабатываемые материалы рассматриваются в качестве многофакторной системы, состоящей из отдельных составных частей с набором определенного функционала. Составные части системы сгруппированы в ней таким образом, что обеспечивают функционирование системы как единого целого организма. Также необходимо обратить внимание на то, что изменения, происходящие в отдельной составной части, или вообще ее замена на другую вызывает изменение свойств всей системы. Составные части системы связаны друг с другом, что позволяет ей быть более эффективной. Основная задача многокомпонентности системы – это правильный подбор составных частей системы с учетом их функционала [2].

Выпуск и получение многокомпонентных цементов с максимальным содержанием минеральных добавок могут в значительной степени снизить суммарные затраты на производство 1 м³ тяжелого бетона [3].

В настоящее время в качестве отдельных составных частей многокомпонентных цементов широко используются доменные гранулированные шлаки, отработанная формовочная смесь, микрокремнезем, зола-унос и т.д.) [4-5]. Применение таких компонентов позволяет экономить цемент, улучшать эксплуатационные характеристики бетонов, решать проблемы ресурсосбережения и утилизации отходов промышленности.

К параметрам оценки макроструктуры бетона, определяющие технологические и эксплуатационные свойства бетона относятся: объемная концентрация цементного теста; истинное водоцементное отношение; степень гидратации цемента [6].

Для определения данных параметров изучается влияние рассматриваемых добавок в качестве составной части многокомпонентной системы на свойства модифицированного

вяжущего, определяется плотность и водопотребность смеси модифицированных бетонов в сравнении с традиционными.

Методология введения и активации добавок позволяют получать разные виды многокомпонентных систем [6]: истинно многокомпонентными считаются системы с заменой части цемента активной минеральной добавкой с дальнейшим перемешиванием; смешанные или композиционные системы направлены на замену части цемента активной минеральной добавкой с последующей механохимической активацией.

Смешанные системы обладают более высокими показателями активности и прочности, но они требуют использования высокоэффективного и дорогостоящего оборудования, позволяющего не только обеспечить качество полученного материала, но и сократить время помолы и одновременно определить его тонину. Многокомпонентные системы более просты в приготовлении, поэтому широко изучаются, совершенствуются и подвергаются оптимизации свойств.

Разберем некоторые примеры многокомпонентных и смешанных вяжущих. Например, в работе [7] показано замещение части сульфатостойкого портландцемента до 40% в составе многокомпонентного вяжущего топливной низкокальциевой золой-уноса до 30% при совместном ее использовании с микрокремнеземом до 10%, а также частичная замена мелкого заполнителя кварцевой мукой, полученной в результате тонкого помола кварцевого песка. В ходе исследований установлено, что проведенная замена компонентов позволила сохранить высокую прочность бетона в 28-суточном возрасте твердения - на сжатие 88,8-96,0 МПа, осевое растяжение 6,06-6,43 МПа и на растяжение при изгибе 9,24-9,51 МПа. В работе [8] было получено смешанное вяжущее на основе портландцемента с добавкой глиноземистого цемента в количестве от 0 до 100% от массы вяжущей композиции. Результаты исследований свидетельствуют о том, что при добавлении от 0 до 60% глиноземистого цемента начало схватывания наступает быстрее по сравнению с цементным тестом, изготовленным из портландцемента; от 0 до 70 масс.ч. также наступает быстрая потеря подвижности цементного теста, а от 70 до 100% происходит пролонгированное схватывание, в ходе которого начало и конец схватывания замедляется на 4 часа и более от начала затворения вяжущего водой. В статье [9] приведены данные о влиянии комплексных золокарбонатных добавок на свойства композиционных портландцементов. Выполненные исследования позволяют отметить, что портландцементы с комплексной золодоломитовой добавкой отвечают требованиям ГОСТ 31108-2016, предъявляемым к

композиционным портландцементом ЦЕМ II/A-K и ЦЕМ II/B-K. Введение комплексной золодоломитовой добавки позволяет повысить карбонизационную стойкость и сульфатостойкость цементного камня.

Приведенные примеры многокомпонентных вяжущих, показывают возможность замены дорогостоящего компонента на дешевый, получить специальные свойства и использовать для строительства объектов повышенного уровня ответственности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шахова Л.Д., Кучеров Д.Е. Особенности поведения многокомпонентных цементов в бетонах // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. №3. С. 27-29.
2. Саидов Д.Х. Системный подход при разработке прогрессивных многокомпонентных композиционных вяжущих веществ // Вестник Таджикского технического университета. 2009. Т. 4-8. № 8. С. 71-74.
3. Завадская Л.В. Многокомпонентные цементы с максимальным содержанием минеральных добавок // Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). 2023. Т. 26. № 3 (89). С. 100-107.
4. Самченко С.В., Егоров Е.С. Управление свойствами цементной пасты при ее модифицировании предварительно гидратированной цементной суспензией // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. № 2. С. 54-58.
5. Самченко С.В., Земскова О.В., Козлова И.В. Влияние дисперсности шлакового компонента на свойства шлакопортландцемента // Техника и технология силикатов, 2016. Т.23. №2. С. 19-23.
6. Зотов А.Н. Структура и свойства мелкозернистых бетонов на основе многокомпонентного вяжущего// Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2015. № 6(15). С. 86-89.
7. Нгуен Дык Винь Куанг, Александрова О.В., Булгаков Б.И., Коровяков В.Ф., Каддо М.Б. Влияние золы-уноса в многокомпонентном вяжущем на прочность бетонов // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №3. С. 110 – 116.
8. Соловьев В.Г., Швецова В.А., Нгуен З.Т.Л. Исследование свойств смешанного вяжущего на основе портландцемента // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. № 4. С. 369 – 378.
9. Козлова В.К., Саркисов Ю.С., Кишицкий А.А., Божок Е.В., Маноха А.М. Свойства композиционных портландцементов на комплексных золокарбонатных добавках // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №4. С. 174 – 178.

*Студент 3 курса 31 группы ИПГС Николаев Р.Э.
Студент 3 курса 31 группы ИПГС Измайлов А.Д.,
Научный руководитель - проф. каф.СМ, д-р техн. наук, проф.
Кривобородов Ю.Р.*

ТАМПОНАЖНЫЙ ЦЕМЕНТ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

Тампонажный цемент представляет собой вариацию портландцемента с повышенными требованиями к составу клинкера. Он находит применение в разведочном и эксплуатационном бурении нефтегазовых скважин, а также в капитальном ремонте скважин (КРС) для цементирования нефтяных скважин. Главной целью такого цементирования является изоляция продуктивных нефтеносных слоев от водоносных слоев, а также разделение различных нефтеносных слоев при наличии многопластовых залежей нефти [1].

Цементирование, или тампонирование, является важной операцией в процессе бурения. Качество цементирования часто определяет эффективность эксплуатации скважины, а в случае разведки - возможность правильной оценки запасов нефтеносных слоев в месторождении. Замес и заливку раствора производят механическим способом, а подачу в скважину осуществляет насосная установка [2].

Состав тампонажного цемента

клинкер – до 80 %;

гипс – 3-5 %;

добавки, придающие смесям заданные свойства.

Обычный портландцемент и клинкер для применения в холодных скважинах имеют одинаковый базовый состав, однако требования к компонентам клинкера повышаются. В частности, содержание трехкальциевого алюмината в клинкере должно быть в пределах 10-13%, а алита составляет примерно 50%. Если речь идет о "горячих" скважинах, то необходимо использовать клинкер с минимальным содержанием трехкальциевого алюмината [3].

Тампонажный цемент широко применяется в сфере крепления нефтяных и газовых скважин. Этот материал находит свое применение как при разведке, так и при эксплуатации скважин. Он отличается своей нормальной плотностью и высокой прочностью (табл.1), что обеспечивает эффективное крепление скважин и преграду для проникновения веществ [4]. За последние годы наблюдается тенденция к росту требований к качеству крепления скважин нефтяными компаниями. В связи с этим, все большую популярность приобретают расширяющиеся тампонажные материалы. Хотя эта идея не нова, в настоящее время она активно пропагандируется и разрабатывается. В результате, эффективность крепления скважин не только значительно

повышается, но и осуществляется с использованием современных технологий [5].

Таблица 1

Состав смеси, %			Состав и свойства тампонажных смесей [4]				
Щ	САК	С- З	В/Ц, %	Прочность на сжатие, МПа		Прочность на изгиб, МПа	
				-5 °С	+20 °С	-5 °С	+20 °С
95	5	-	28	20,5	27,3	4,6	6,1
95	5	0,3	26	20,8	31,0	5,2	6,7
95	5	0,5	25	21,9	32,6	5,5	7,1
95	5	0,7	25	23,0	36,9	5,8	7,8
95	5	1,0	24	24,6	38,2	6,2	7,9
95	5	3,0	23	26,0	40,0	6,3	8,7

Расширяющие цементы являются композиционными материалами, в которых один компонент твердеет при оптимальном водоцементном отношении (далее – ВЦ), второй (расширяющая добавка) - при пониженном ВЦ, что вызывает эффект расширения на начальных этапах твердения цемента. Добавка вводится в строго определенном соотношении с учетом ее свойств и исчерпанием ее содержания после достижения необходимого эффекта. Существуют и трехкомпонентные расширяющие вяжущие, содержание третьего компонента предназначено для того, чтобы прекратить действие расширяющей добавки в определенные сроки [6]. При твердении расширяющихся цементов одновременно протекают два конкурирующих процесса. Конструктивный обеспечивает формирование основной структуры твердения и нарастание прочности цементного камня; деструктивный вызывает возникновение внутренних напряжений за счет локализованного увеличения объема частиц вновь образующейся расширяющейся фазы, что ведет к разрыву между межчастичных контактов, развитию трещин, т.е. нарушению структуры в процессе ее расширения [7].

Для получения максимального эффекта при тампонировании скважин необходимо подбирать состав расширяющихся цементов так, чтобы обеспечить кристаллизацию расширяющей фазы в наиболее благоприятный момент формирования основной структуры цементного камня. Этот момент можно считать, когда прочность максимальна, а расширение незначительно, тогда силы сжатия, вызываемые ростом прочности цемента, и растягивающие силы, обуславливаемые процессами кристаллизации, начинают вызывать оптимальную раздвижку в структуре цементного камня в размерах, необходимых для

проявления расширения. Требуемый рост прочности регулируется количеством и скоростью образования кристаллов гидросульфоалюмината кальция [7]. Чем сильнее расширение, тем выше вероятность разрушения цементного камня при свободном расширении, а, следовательно, следует ожидать значительного ухудшения герметичности внутри обсадной колонны скважины. Поэтому авторы [5] считают, что расширение тампонажных цемента должно составлять 1,5–2,5% в буровых скважинах. Для высокотемпературных скважин, в которых образуется более прочный цементный камень, расширение не должно превышать 1,0–1,5%.

Исходя из выше изложенного, можно сказать следующее, что для эффективного тампонирувания скважин необходимо подбирать композиционный материал с регулируемой структурой и заданными свойствами. Для этого требуются знания в области структурообразования цементной матрицы композита.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кривобородов Ю.Р.* Тампонажные цементы для скважин с особыми горно-геологическими условиями // Техника и технология силикатов. 2001. Т. 8. № 3-4. С. 38-43.

2. *Воронин К.М., Артемьев В.Н.* Технология получения тампонажного цемента // В книге: Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 81-й международной научно-технической конференции. 2023. С. 5.

3. *Кривобородов Ю.Р.* Тампонажные цементы // Учебное пособие, М.: Изд-во РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2011. 74 с.

4. *Авлезова А.Э., Кривобородов Ю.Р.* Свойства тампонажных цемента с добавкой сульфоалюминатного клинкера // Успехи в химии и химической технологии. 2018. Т. 32. № 2 (198). С. 8-9.

5. *Азамов Ф.А., Бабков В.В., Каримов И.Н.* О необходимой величине расширения тампонажных материалов // Территория нефтегаз, 2011. №8. С.14-15.

6. *Шиндер И.В.* Использование расширяющейся композиции в тампонажных цементах // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 413-418.

7. *Кузнецова Т.В., Бурьгин И.В.* Гидратация утяжеленного тампонажного цемента // Техника и технология силикатов. 2010. Т. 17. № 3. С. 29-32.

Студентка 3 курса 31 группы ИПГС Сироткина К.А.

Студентка 3 курса 31 группы ИПГС Евфиц Я.А.

Студентка 3 курса 31 группы ИПГС Кучаева П.Ю.

Научный руководитель - зав. кафедрой СМ., д-р техн. наук, проф. С.В. Самченко

СОСТАВ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ДОЛОМИТОВЫХ ВЯЖУЩИХ

В настоящее время особый интерес вызывают строительные материалы, изготовленные на доломитовых вяжущих.

С целью создания доломитового вяжущего, были проведены исследования, в процессе которых выявлены наиболее подходящие и эффективные добавки-интенсификаторы для обжига доломитовой породы, также были определены оптимальные условия получения вяжущего материала [1]. В качестве исследуемого материала была использована крупнокристаллическая доломитовая порода, которая содержит некоторые примеси, включая магнезит, кальцит и углеродисто-графитовое вещество. Химический состав и минеральная структура этой породы были составлены с использованием рентгенофазового анализа, термогравиметрии и химического анализа.

Химический состав доломитовой породы включает в себя:

MgO-21,4...23,9%; CaO-27,3...29,7%; Al₂O₃-0,6...0,8%; SiO₂-1,9...3,3%; Fe₂O₃-0,3...0,5%.

Минералогический состав доломитовой породы включает в себя:

CaMg(CO₃)₂-87,1...93,2%; MgCO₃-1,5...4,1%; CaCO₃-0,9...2,3%; SiO₂-2,0...3,1%; Al₂O₃-0,3...0,8%.

Затворители играют важную роль в процессе изготовления строительных материалов, таких как цемент, штукатурка, гипсокартон и др. Они способствуют улучшению качества и долговечности материалов, делая их более устойчивыми к воздействию воды, агрессивных сред и других внешних воздействий.

Кроме того, затворители помогают улучшить адгезию между частицами материала, что способствует более качественному соединению и укреплению конструкции. Они также могут влиять на скорость затвердевания материала, ускоряя или замедляя процесс в зависимости от необходимых характеристик.

Таким образом, выбор правильного затворителя играет важную роль в процессе производства строительных материалов и имеет прямое влияние на их качество, прочность и долговечность.

Перед применением доломитовых вяжущих очень важно узнать свойства. Для этого проводятся разные испытания и данные собираются для вывода.

Из научной статьи [2] можно сделать вывод, что прочность доломитового вяжущего на сжатие составляет 4 МПа после 28 суток выдержки во влажном помещении и 21 МПа после тепловлажностной обработки. А также определено водоцементное отношение для этого вяжущего, которое составило 0,4 – 0,45.

В статье [3] рассматриваются прочностные характеристики синтезированных веществ из глины и цемента. Для этого проводятся испытания на сжатие (рис. 1), на вяжущее цилиндрической формы воздействуют прессом, в ходе этого появляются некоторые деформации. Данный эксперимент помогает нам узнать прочность такого вяжущего на сжатие.

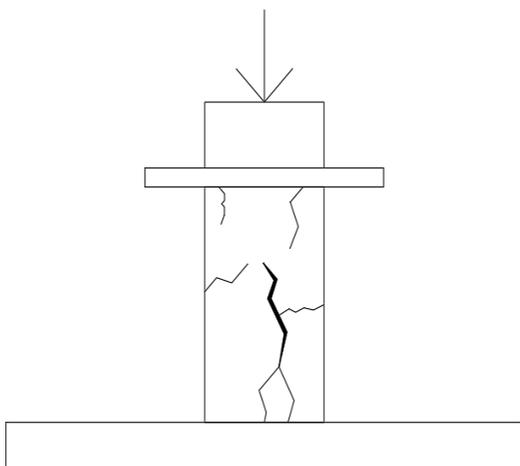


Рис. 1. Испытание на сжатие

Наибольшую прочность получают вяжущие с периодом твердения в четыре недели: 2,5 - 2,8 МПа.

Доломитовое вяжущее используется для изготовления прочных покрытий, промышленных полов, теплоизолирующих полов и плиток. Из-за необходимости утилизации доломитовых отвалов, актуальными являются вопросы, связанные с разработкой составов сухих строительных смесей и теплоизоляционных материалов, например блочного пеностекла с использованием доломита [4, 6].

Основной проблемой при получении вяжущего из доломитов является отсутствие четкой границы между процессами разложения карбонатов магния и кальция. Кроме того, обжиг доломита для получения максимального количества оксида магния без образования

оксида кальция представляет собой сложную задачу, особенно в промышленных условиях [5].

Несмотря на это, магниезиальное вяжущее на основе доломита может иметь высокую прочность при строгом соблюдении режимов обжига и правильного соотношения доломита и раствора хлорида магния [5].

Доломит используется в качестве магниезиального вяжущего, полученного путем обжига с добавлением усилителей. Бетон на основе доломита быстрее набирает прочность по сравнению с обычным бетоном. Это позволяет использовать его в условиях, где требуется быстрое затвердевание и усиление [4].

Рассмотренные варианты подтверждают возможность использования в получении различных видов строительных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Носов А.В.* Магниезиальное вяжущее из доломитов и материалы на его основе, 2014. 22 с.
2. *Vinnichenko V., Riazanov A.N., Rakhimov R.Z., Riazanov A.A., Vinnychenko O.V.* Physicochemical and physicomechanical studies of dolomite binder // IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2021. Vol. 1164(1). № 012085. DOI: 10.1088/1757-899X/1164/1/012085
3. *Kirulis B., Kreilis J., Krage L., Barbane I., Sidraba I.* Mechanical properties of low temperature hydraulic binders // 4th International Conference Civil engineering`13 Proceedings Part I construction and materials, 2013. Pp. 207-211.
4. *Lomakina L.N., Garanykov I.N., Fedorov P.A., Husnutdinov R.F., Husnutdinov B.R.* Practices of dolomite application in the production of construction materials // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2018. Vol. 13. №. 10. Pp. 3458-3463.
5. *Носов А.В., Черных Т.Н., Крамар Л.Я.* Комплексное использование доломитов при производстве твердеющих закладочных смесей // В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции. 2014. С. 740-744.
6. *Мусафирова Г.Я., Мусафиров Э.В., Лыщик М.В.* Блочное пеностекло на основе стеклобоя, доломитовой муки и жидкого стекла // Техника и технология силикатов. 2017. Т. 24. № 1. С. 7-11.

Студент 1 курса 31 группы ИПГС Спиринов В.С

Студент 1 курса 31 группы ИПГС Сулиев А.С

Научный руководитель – преп. каф.СМ М. Содомон

РАЗРАБОТКА БИОСТОЙКОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Применение растительного сырья в современных строительных технологиях имеет целый ряд преимуществ. Во-первых, это экологичность конечного продукта, обусловленная природным происхождением основного компонента. Во-вторых, это широкая распространенность, доступность и возобновляемость источников сырья. В-третьих, это легкость обработки, а следовательно, минимальные издержки на производство, что обеспечивает высокий экономический эффект. Все вышеперечисленное вызывает повышенный интерес исследователей к комплексному применению растительного сырья для создания эффективных композитных материалов на его основе. [1-2].

Исследования в области разработки биостойкого теплоизоляционного материала на основе растительного сырья представляют собой важную область в современной науке и технологии. Основная цель таких исследований заключается в создании эффективных и экологически чистых материалов для теплоизоляции, которые были бы устойчивы к биологическому воздействию. Многие исследования в этой области фокусируются на использовании различных видов растительного сырья, таких как солома, бамбук, древесные отходы и другие биоразлагаемые материалы. Применение таких материалов позволяет не только снизить негативное воздействие на окружающую среду, но и создать материалы с высокой теплоизоляционной способностью.

Растительные теплоизоляционные материалы обладают несколькими основными преимуществами по сравнению с другими видами изоляции. Они являются более экологически чистыми и устойчивыми, так как производятся из возобновляемых ресурсов. Кроме того, растительные материалы обычно более доступны с точки зрения стоимости, что может привести к снижению затрат на строительство. Они также обладают хорошими теплоизоляционными свойствами, способствуя повышению энергоэффективности зданий и снижению расходов на отопление и охлаждение [3].

В нашей работе в качестве исходного сырья использовали стебли борщевика Сосновского [2, 4-9]. В качестве модификатора использовали 30%-ный водный раствор моноэтаноламин (N→B)-тригидроксидоборатом для модифицирования растительного сырья за 30 минут, pH=8,8.

Температура модифицирования составляла 25°C. После модифицирования образцы высушивались при температуре 25°C или в сушильном шкафу при температуре 105°C до постоянной массы. [2-4]. Важно отметить, что измельчение стеблей борщевика Сосновского (БС) проводилось вручную по размерам фракции частиц до 5мм [2.4-9]. В качестве связующего использовали полиуретановое связующее. Изготовление образцов для испытания проводилось по перемешиванию модифицированных измельченных стеблей (БС) со связующим за 3 минуты и потом заполняли формы соответственно искомым свойствам, которые необходимо определить для теплоизоляционного материала [2.4-9]. После изготовления образцов мы оценили биостойкость полученных материалов из модифицированных стеблей борщевика Сосновского. Результаты всех образцов показывают 100% биостойкости по сравнению с результатом контрольного образца без модификатора, это объясняется использованием МЭАТГБ. Результат оценки биостойкости полученных материалов представлен в таблице 1. Определение теплофизических свойств полученных материалов (плотность, прочность при изгибе, на сжатие при 10%-ной деформации, теплопроводность) представлено в таблице 1 ниже [5,6,8,9].

Таблица 1

Теплофизических свойств и оценка биостойкости полученных материалов [5,6,8,9]

Условное обозначение*	Плотность, (г/см³)	Теплопроводность, Вт/(м·°C)	прочность при изгибе, МПа	прочность на сжатие при 10%-ной деформации, МПа	оценки биостойкости, %
БС5ПУ	142	0,050	1,22	0,41	0
БС5мПУ	182	0,055	1,32	0,40	100

Из предоставленных данных можно отметить, что полученные материалы из модифицированных стеблей борщевика Сосновского имеют хорошие теплофизические свойства (плотности, теплопроводности, прочности при изгибе, прочности на сжатие при 10%-ной деформации) по сравнению с результатом образцов из не модифицированных стеблей.

Разработка нового современного теплоизоляционного материала на основе растительного сырья, имевшего хорошие теплофизические свойства с повышенной биостойкостью возможно путём предварительного модифицирования исходного растительного сырья с

использованием модификатора моноэтаноламин(N→B)-тригидроксидом (МЭАТГБ) и с полиуретановым связующим.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Содомон, М.* Теплоизоляционный материал из борщевика <https://dzen.ru/a/ZUJbF04CCUnhW8P0>

2. *Степина И. В.* и др. Повышение биостойкости стеблей борщевика Сосновского в качестве сырья для производства строительных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2021. №. 2. С. 746.

3. *Сморodin С. Н., Белоусов В. Н., Лакомкин В. Ю.* Методы энергосбережения в энергетических, технологических установках и строительстве //СПб.: СПбГТУРП. – 2014.

4. *Содомон, М.* Химическая модификация стеблей борщевика Сосновского / *М. Содомон, И. В. Степина* // Ежегодная национальная (с международным участием) научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана по итогам научно-исследовательских работ за 2022 г.: Материалы конференции Красноярск: ООО "Научно-инновационный центр", 2023. С. 235-238.

5. *Степина И. В., Содомон М.* Биостойкий композиционный материал на основе модифицированных стеблей борщевика сосновского // Актуальные вопросы строительного материаловедения. 2021. С. 164-169.

6. *Степина И. В., Содомон М.* Биостойкий растительный композит для теплоизоляции // Строительство и реконструкция. 2022. №. 5. С. 115-123.

7. *Степина И. В.* и др. Компонентный состав модифицированного растительного сырья //Инженерный вестник Дона. – 2022. – №. 9 (93). – С. 223-231.

8. *Содомон м., И.В. Степина, А.Д. Жуков, А.М. Минаева* Теплоизоляционные материалы на основе модифицированного растительного сырья // Строительное материаловедение: настоящее и будущее: сборник материалов II Всероссийской научной конференции, посвящённой столетнему юбилею Московского государственного строительного университета МИСИ – МГСУ. 2021. С 162-166.

9. *Содомон М., Степина И. В.* Теплофизические свойства композитного материала на основе растительного сырья // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29, № 4. С. 342-349.

Студент 3 курса 32 группы ИПГС Филимонов А.А.

Научный руководитель – доц каф.СМ., канд. хим. наук, доц. О В. Земскова

ПРИМЕНЕНИЕ ГИПСА В 3D ПЕЧАТИ

Основные технологии 3D печати были созданы в середине 80-х годов XX века. Термины «3D-печать» появился только в 1995 году после модифицирования струйного принтера учащимися Массачусетского технологического институт, а название «3D-принтер» изобретенным агрегатам дано в 1996 году.

3D-печать или «аддитивное производство» – процесс создания цельных трехмерных объектов практически любой геометрической формы на основе цифровой модели. 3D-печать может выполняться разными способами и с применением разнообразных материалов, но любой из способов базируется на принципе послойного создания («выращивания») твердого объекта [1-3]. Для создания порошковой 3D - печати из гипса используется формирование слоя на выровненном слое порошка. Данный тип 3D-печати представлен такими технологиями, как:

- струйная трехмерная печать (**англ.** 3D Printing, 3DP);
- электронно-лучевая плавка (**англ.** Electron Beam Melting, EBM);
- селективное лазерное спекание (**англ.** Selective Laser Sintering, SLS);
- прямое лазерное спекание металла (**англ.** Direct Metal Laser Sintering, DMLS);
- выборочное тепловое спекание (**англ.** Selective Heat Sintering, SHS).

По технологии 3DP осуществляется 3D-печать гипсом. Струйная трехмерная печать (3DP) — один из старейших методов аддитивного производства. Струйная трехмерная печать — это специфическая аддитивная технология производства, основанная на использовании порошка и связующего материала. Оригинальные устройства использовали в качестве расходного материала гипс, что обуславливает обиходное название технологии — «гипсовая трехмерная печать». В основе технологии, по которой осуществляется 3D-печать гипсом, лежит струйная печать клеем, выполняемая блоком головок по гипсовому порошку. Основу установки составляют две обязательные камеры (рис.1): камера подачи порошка (8) в рабочую камеру; рабочая камера (9), где осуществляется непосредственное склеивание детали. Возможно наличие дополнительных камер: камера пропитки, камера финишной очистки, камера сушки, полировки, окраски, лакирования и т.д. Печать детали (2) осуществляется сверху вниз. В начале цикла первый слой

порошка (6) выдавливается из подающей камеры (8) и подается ракелем (5) в рабочую камеру (9). Толщина слоя - 0,1 мм.

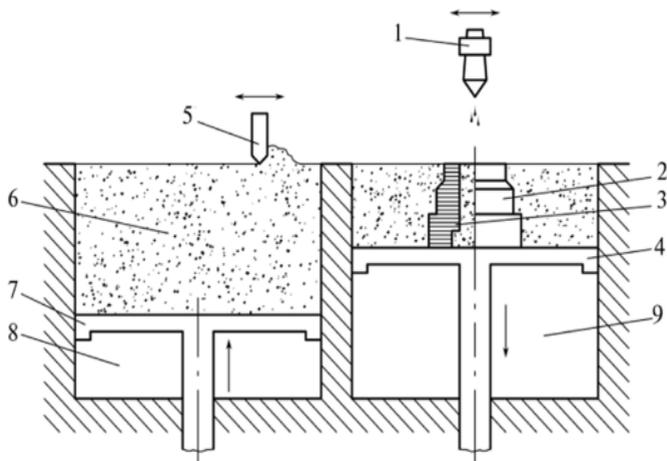


Рис. 1. Схема установки 3DР:

1 - струйная клеевая головка; 2 — формируемая деталь; 3 — сформированные слои; 4 — рабочая платформа; 5 – ракель; 6 — порошок конструкционного материала; 7 – платформа подачи порошка; 8 – камера подачи порошка; 9 — рабочая камера.

Затем струйная головка (1) наносит специальное клеящее вещество только на те области, где находится первый (нижний) слой будущей модели (3). Порошок, который не склеивается и не используется в строительстве модели, участвует в ее опорной поддержке, так как до окончательной обработки тонкие части детали из гипса могут сломаться. Далее камера освобождается от лишнего порошка и производятся заключительные операции: удаление остатков порошка (обдув), пропитка упрочняющим составом (в случае гипса), спекание и т.д. В настоящее время помимо гипсовых порошков в 3D-печати применяются композитные гипсовые порошки - гипс с добавкой полимера. Добавка полимера положительно влияет на физико-механические и деформативные свойства гипсовых изделий. В качестве полимера, например, можно использовать сухой латекс на основе поливинилацетата без сополимеров. Связующим для слоев гипса служат цианакрилатные клеи на основе эфиров цианакриловой кислоты общей формулы $CH_2=C(CN)COOR$ (R-метил, пропил, бутил или аллил). Преимущества 3D-печати гипсом: 1) отсутствие дополнительного материала поддержки — гипсовый порошок одновременно выполняет функцию поддержки и является материалом модели; 2) низкая стоимость конструкционного материала, так как предусматривается повторное

использование гипсового порошка; 3) высокое качество поверхности. Гипсовая масса создает гладкую и четкую поверхность, что делает 3D-печать гипсом очень подходящей для создания художественных произведений, прототипов и других объектов, где качество покрытия является важным фактором; 4) масштабируемость. Трехмерное нанесение сырья подходит для создания объектов любого размера, от небольших предметов до крупных архитектурных моделей; 5) возможности дизайна. Гипсовая масса может быть окрашена с помощью добавок пигментов в связующий клей. Недостатки 3D-печати гипсом: невозможность создания деталей субмиллиметрового диапазона; длительность процесса; ограниченная прочность материала [4-6].

3D-печать гипсом в области строительства применяется уже в момент проектирования объекта, создаются уменьшенные прототипы будущих построек или архитектурных композиций, улиц, парков, ландшафтов. В архитектуре 3D-печатью гипсом осуществляется создание лепнины, декоративных элементов для украшения здания снаружи или интерьеров внутри.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Панферова А. Ю.* Модифицирование гипсовых систем малыми добавками полимеров / А. Ю. Панферова, М. С. Гаркави // Строительные материалы. - 2011. - № 6. - С. 8-9.

2. *Н.В. Кушнир, А.В. Кушнир, А.М. Геращенко, А.В. Тыртышный.* История и технологии трехмерной печати / Н.В. Кушнир, А.В. Кушнир, Н.В., Геращенко А.М., Тыртышный А.В. // Научные труды КубГТУ. Краснодар: 2015. №6. - С. 1-9.

3. *Юшин Д.И.* Мультиматериальная 3D-печать керамических изделий / Юшин Д.И., Нетреба А.Ю., Рагуткин А.В., Санжаровский А.Ю. // Техника и технология силикатов. – 2024. – Т. 31, № 1. – С. 35-45

4. *Hunbus A., Al-Mangour B.* A Critical Review of Construction Using 3D Printing Technology // ASME Journal of Engineering for Sustainable Buildings and Cities. 2023. 4. p. 1-47. DOI: 10.1115/1.4062730.

5. *Володченко В.С., Ланцова Д.С., Ивлев О.Ю., Метельницкая Т.А., Бышок К.А., Романов Э.В.* Технологии будущего в строительстве: 3D-печать зданий // Вопросы науки и образования. 2018. №27 (39).

6. *Tabassum T., Mir A.* A review of 3d printing technology-the future of sustainable construction // Materials Today: Proceedings. 2023. 93.

Студенты магистратуры 1 года обучения 31 группы ИПГС Юханата С. , Каунг Х. М.

Научный руководитель - доц каф.СМ., канд. техн. наук, доц. О.А.

Ларсен

ВЛИЯНИЕ УСКОРИТЕЛЕЙ ТВЕРДЕНИЯ НА СВОЙСТВА БЕТОНОВ, ТВЕРДЕЮЩИХ В ТРОПИЧЕСКОМ КЛИМАТЕ

Растущие масштабы строительства в мире приводят к тому, что требуется все больше и больше бетона. Растущие масштабы производства бетона требуют от него эффективности, производительности и прочности, достаточной для использования в различных условиях. На прочность бетона большое влияние оказывает качество входящих в его состав материалов, добавок и технологических процессов, а также условия окружающей среды. Условия окружающей среды в тропических и субтропических регионах сильно отличаются. В тропиках жарко, но влажно. В тропиках влажность воздуха достигает 70-90%. Это может привести к снижению прочности бетона на сжатие из-за медленного процесса гидратации.. Одним из материалов, который достаточно эффективно ускоряет процесс гидратации бетона, является ускоритель.

Использование добавок для ускорения процесса схватывания или гидратации необходимо в настоящее время для увеличения времени строительства бетона. К химическим добавкам, ускоряющим этот процесс, относятся добавки-ускорители [1, 2, 3]. Основная функция ускорителей - сокращение времени процесса схватывания и увеличение начальной прочности бетона на сжатие. Этот материал также используется для сокращения времени схватывания бетона и ускорения времени получения запланированной прочности бетона на сжатие [4, 5, 6]. Если время схватывания обычного цемента обычно составляет 3-4 часа, то с помощью ускорителя можно ускорить процесс затвердевания всего до нескольких минут [7, 8].

Гипотеза исследования - ускоритель может ускорить процесс гидратации в бетоне, чтобы он мог быстро затвердеть в условиях тропического климата. Ускоритель может улучшить прочностные характеристики бетона в условиях тропического климата.

Цель исследования - сравнение влияния ускорителей на прочность бетона в субтропических и тропических условиях, особенно на процесс гидратации и прочность на сжатие.

Задачи исследования :

1. Обосновать выбор ускорителей твердения, обеспечивающих набор прочности бетона в условиях, приближенных к тропическому климату;

2. Исследовать структурообразование цементного теста и сроки схватывания в присутствии ускорителя твердения в условиях, приближенных к тропическому климату;
3. Разработать состав бетона с добавкой ускорителя твердения с использованием методов математического планирования эксперимента;
4. Исследовать технологические свойства бетонной смеси;
5. Исследовать прочностные свойства бетона;
6. Исследовать деформативные свойства бетона;
7. Провести технико-экономическую оценку эффективности применения ускорителей твердения для бетонов, эксплуатируемых в тропическом климате.

При этом используется несколько методов, начиная с тестирования материалов, изготовления бетона, испытания бетона и заканчивая моделированием климата. В таблице 1 приведены материалы для последующих испытаний.

Таблица 1

Материалы, применяемые в работе

Материалы	Тип материала	Стандарт
Вяжущее	Портландцемент ЦЕМ I 52,5	ГОСТ 31108-2020
Крупный Заполнитель	Щебень фр. 10-20 мм	ГОСТ 8267-93
Мелкий заполнитель	Кварцевый Песок средней крупности с $M_k=2,0-2,5$	ГОСТ 8736

Используемый ускоритель представляет собой смесь нескольких химических веществ, состоящих из :

- Нитрат натрия (ГОСТ 828-77Е)
- Нитрат сульфата (ГОСТ 6318-77)
- Тринатрийфосфат (ТУ 6-03-367-79)
- Нитрат кальция (ГОСТ 201-76)

При производстве бетона готовятся материалы, включающие крупный заполнитель, песок, воду, цемент и ускорители. Затем проверяют характеристики бетонных материалов, подтверждают их соответствие требуемым техническим стандартам и рассчитывают рецептуру смеси в соответствии с требуемым качеством бетона (ГОСТ 27006). Изготовление пробных смесей для проверки характеристик бетона и оценка характеристик бетонных смесей в соответствии с методом испытаний ГОСТ 10181-2014. При бетонировании температура свежеприготовленной бетонной смеси не должна превышать 30 °С. Оптимальная температура бетонной смеси при укладке должна быть не более 40-50°С.

Хранение и твердение бетона основано на ГОСТ 10180-2012. Методы твердения и хранения бетона в тропических условиях будут адаптированы к индонезийскому климату с температурой 25-30°C.

Кроме того, проведена технико-экономическая оценка эффективности ускорителей твердения для бетона, используемого в тропическом климате. Как техническая, так и экономическая оценки будут сравниваться с условиями в индонезийском регионе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Иноземцев А.С., Королёв Е.В., Доунг Т.К.* Структурная модель течения пластифицированных цементно-минеральных смесей // Строительные материалы. 2020. № 4-5. С. 90-96.

2. *Королев Е.В., Иноземцев А.С., Иноземцев С.С.* Комплексный подход для технико-экономического обоснования внедрения новых строительных материалов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Материалы. Конструкции. Технологии. 2019. № 4. С. 8-18.

3. *Иноземцев А.С., Королёв Е.В., Зыонг Т.К.* Выбор суперабсорбирующего полимерного гидрогеля для цементных систем // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 7. С. 64-70.

4. *Козлова И.В.* Опыт применения наноразмерных частиц в производстве строительных материалов // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №3. С. 81 – 87.

5. *Ларсен О.А., Бахрах А.М.* Композиционное вяжущее для токопроводящего бетона // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №3. С. 127 – 131.

6. *Казакова Г.К., Сафронова Т.В., Шевцова О.А.* Порошок, синтезированный из хлорида магния и гидрофосфата аммония, для получения керамики на основе пирофосфата магния // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №3. С. 68 – 73.

7. *Овчаренко Г.И.* Влияние нано добавок на состав анионов цементной фазы С-S-H // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №3. С. 74 – 80.

8. *Самченко С.В., Давидюк А.Н., Новиков Н.В.* Влияние дисперсности барийсодержащей добавки для радиационно-защитных композиционных материалов на физико-механические свойства цемента // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №3. С. 95 – 100.

Студентка 4 курса 33 группы ИПГС Якупова Ю.М.

Научный руководитель – доц. каф.СМ, канд. техн. наук, доц. М.Г.

Бруяко

БИОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНЫЕ БЕТОНЫ С САМОВОСТАНАВЛИВАЮЩЕЙСЯ СТРУКТУРОЙ

Железобетонные конструкции различного функционального назначения, будь то жилые, промышленные или инфраструктурные объекты, на протяжении жизненного цикла подвержены образованию дефектов. Возникновение данных дефектов возможно, как на этапе производства ЖБК, так и в процессе эксплуатации зданий и сооружений. Особую актуальность приобретает изучение влияния внешних факторов, в том числе агрессивных сред, на долговечность ЖБК, усугубляемого погодными и климатическими условиями.

Анализ строительного рынка демонстрирует прямую корреляцию между ростом объемов возводимых объектов и динамикой увеличения потребности в ремонтно-восстановительных работах.

Анализ технического состояния бетонных и железобетонных конструкций различных зданий и сооружений показал, что наиболее часто встречаются следующие виды разрушений:

- трещины различной природы с шириной раскрытия более 0,5 мм;
- разрушения бетона различного характера глубиной от 5 до 30 мм;
- разрушение защитного слоя бетона над арматурой и снижение его толщины на 20% и более;
- коррозия арматуры со снижением диаметра (до 5% и более) в результате карбонизации или разрушения защитного слоя бетона;
- шелушение и увеличение пористости поверхности бетонных и железобетонных конструкций до 50%.

Ремонтно-восстановительные работы бетонных и железобетонных конструкций ставят всегда одну и ту же задачу: подобрать ремонтный состав, которым можно восстановить конструкции так, чтобы заданные проектной документацией эксплуатационные свойства на последующий длительный срок их эксплуатации, т.е. чтобы ремонтный состав стал составной частью восстанавливаемых конструкций [1].

Сложность восстановления железобетонных конструкций подземных сооружений состоит в том, что в таких конструкциях очень часто присутствуют открытые течи.

Одним из эффективных методов поддержания и восстановления исходных свойств строительных конструкций является биологическое

восстановление бетона, которое основано на введении в бетонную смесь в процессе производства изделий и конструкций специальных добавок, содержащих биокomпоненты.

Самовосстановление бетона при помощи экологически чистых биологических процессов относится к категории «умных» (интеллектуальных) материалов, свойства которых значительно (обратно или необратно) изменяются под влиянием внешних физических или физико-химических воздействий (давления, температуры, влажности, pH среды, электрического или магнитного поля) [2].

Основной принцип метода самовосстановления бетона состоит во введении в бетонную смесь добавок, содержащих бактерии и питательное вещество. При воздействии на строительные конструкции внешних агрессивных факторов (различных видов статических и динамических нагрузок) в сочетании с возможным присутствием агрессивной химической среды в поверхностных и приповерхностных слоях бетона возникают микротрещины, в которые проникает воздух и влага из окружающей среды. В этих условиях бактерии, предварительно введенные в состав бетона совместно с питательной средой, активируются. В результате протекающих биохимических процессов образуется кристаллический водонепроницаемый слой карбоната кальция, выполняющий кольтатирующие функции, что приводит к самовосстановлению структуры и эксплуатационных характеристик бетона. При этом по всей глубине микротрещины образуются продукты жизнедеятельности бактерий. После заполнения объема трещины карбонатом кальция активность клеток прекращается и микроорганизмы снова переходят в состояние анабиоза до следующего образования трещин. Такой процесс кольтатирования микродефектов является многоциклическим.

Интенсивность восстановления параметров структуры бетона закономерно определяется концентрацией непатогенных бактерий с пролонгированной сохранностью уреазной активности, которая обеспечивается иммобилизацией в микроконтейнерах - носителях.

На механизм биминерализации бетона оказывают влияние различные факторы: физический и химический состав, текстура, окружающая среда. Осаждение микробиологически образованного кальцита на поверхности бактериальных клеток приводит к росту прочности бетонов, если они располагаются в порах материала. Кольтатирующее вещество (карбонат кальция) образуется при взаимодействии водных растворов солей кальция и ионов кальция, получаемых при гидролизе карбамида в присутствии биокатализаторов — ферментов клеток. Образование кальцита является результатом каталитического действия

специального вида бактерий, уреазы и аммиака посредством ряда сложных биохимических реакций. На рис. 1. представлено схематическое изображение процесса микробиологического осаждения карбоната кальция [3].

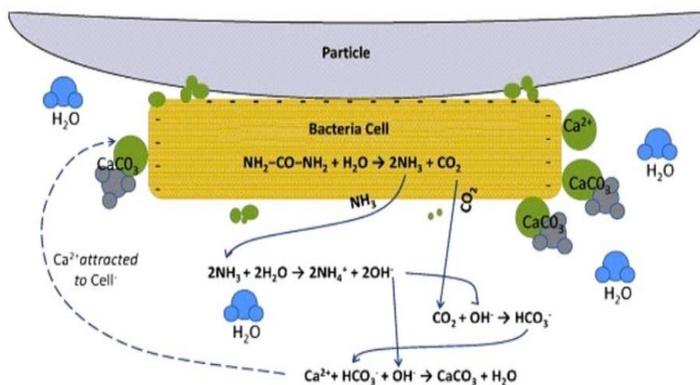


Рис.1. Схема микробиологического осаждения карбоната кальция

Микроорганизмы группы *Vacillus* способны осаждают кальцит на их клеточных составляющих и в их микросреде путем преобразования мочевины в аммиак и двуокись углерода. В среде, содержащей ионы кальция, происходит биокаталитическая деградация мочевины, которая локально повышает pH и способствует реакции образования CO_2 и CaCO_3 [4,5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бойко М.Д.* Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий. – Л.: Стройиздат. – 1975.
2. *Самченко С.В., Суворова А.А.* Влияние CO_2 на гидратацию алюмоферритов кальция. *Техника и технология силикатов.* 2005. Т. 12. № 3-4. С. 31.
3. *Richardson A.* Microbiological deposition of calcite: crack sealing applications // *Cement and its Application.* 2016.
4. *Jonkers H.M.* *Self Healing Concrete: A Biological Approach* // *Springer Series in Materials Science.* 100. 2007.; pp. 195–204.
5. *Prasad V., Sabri M., Najm H., Majeed S.* Mechanical and microstructural properties of self-healing concrete based on *Hay Bacillus* // *Magazine of Civil Engineering.* 2023. 122. p. 40-52. DOI: 10.34910/MCE.122.4.

СЕКЦИЯ ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ И СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Студент 1 курса 32 группы ИПГС Андриянов М.А.

Студент 1 курса 32 группы ИПГС Филянов М.С.

Научный руководитель – доц. каф.СМ, канд. полит. наук, доц. Д.Г. Алтацкий

РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ КРЕМНИЯ, ЛЕЖАЩИХ В ОСНОВЕ ПРОИЗВОДСТВА СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кремний, следующий по распространенности после кислорода, играет большую роль во многих отраслях, начиная от производства сплавов и химикатов и заканчивая передовыми технологиями в области электроники. Повсеместная распространенность соединений кремния обуславливает его использование в строительной сфере. Без таких силикатных материалов как стекло, бетон, керамические изделия нельзя себе представить современное строительство.

Многообразие соединений кремнезема связано с высокой вариативностью кристаллических решеток. К главным модификациям кремнезема можно отнести кварц, тридимит, кристобалит. Каждая модификация в свою очередь имеет несколько вариаций, обозначаемых греческими буквами α и β . К наиболее распространенной форме кремнезема можно отнести SiO_2 -кварц, который устойчив к нагреву до $870^\circ C$. Различные кристаллические формы кремнезема при нагревании до температуры $1800^\circ C$ переходят в расплав.

Переохлаждение расплава является основой производства стекла и образования аморфной структуры. У кварцевого стекла основной структурной единицей является кремне-кислородный тетраэдр (рис.1).

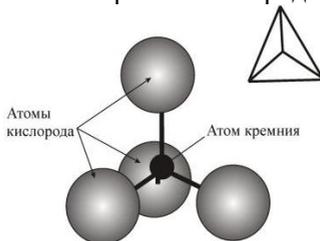
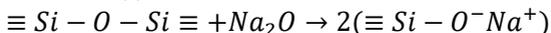


Рис. 1. Кремнекислородный тетраэдр

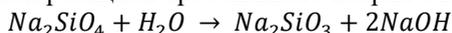
Связь Si–O преимущественно ковалентная, причем при переходе от кристаллических веществ к аморфным степень ковалентности может колебаться от 50 до 80%. Кислород, который является общим для двух атомов кремния называют «мостиковым». При введении щелочных и

щелочноземельных оксидов сетка тетраэдров разрывается и образуются из одного мостикового два немостиковых.



Усредненный химический состав оконного (силикатного) стекла можно выразить формулой $Na_2O \cdot CaO \cdot 6SiO_2$.

Давно известное в промышленности строительных материалов жидкое стекло, также известное как "растворимое стекло", которое используется для укрепления грунтов, пропитки бетона, автодорожного покрытия, для производства кислотоупорных материалов, как правило, представляет собой натриевый метасиликат Na_2SiO_3 или другие силикаты натрия. Оно является растворимым в воде и химически активным веществом. Производство метасиликата натрия можно описать химической реакцией ортосиликата натрия с водой:



Силикаты с щелочноземельными металлами, такими как *Ca* и *Mg*, образуют группы $[SiO_4]^{4-}$, соединяющиеся катионами и образуя минералы, например, магний-форстерит.

Гидросиликаты магния, такие как асбест, серпентин, тальк, а также силикаты кальция играют важную роль в различных технологиях, таких как производство цемента, огнеупоров, керамики.

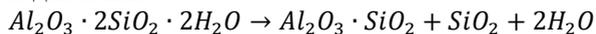
Портландцементом называют вяжущее вещество, которое при смешивании с водой образует пластичное тесто, затвердевающее в камнеобразное состояние. Процесс производства портландцемента включает подготовку смеси, ее обжиг и охлаждение. Обжиг проводится при температуре 1450°C. Высокотемпературная обработка приводит к химическим реакциям и образованию основных клинкерных минералов трехкальциевого силиката (C_3S), двухкальциевого силиката (C_2S), трехкальциевого алюмината (C_3A) и четырехкальциевого алюмоферрита (C_4AF). Трехкальциевый силикат (алит) и двухкальциевый силикат (белит) являются ключевыми компонентами портландцемента, влияющими на его качество, прочность и скорость твердения.

Коллоидные явления в системе глина-вода отражают взаимодействие между диспергированными частицами глиной и молекулами воды. Глина содержит микроскопические частицы, которые могут образовывать коллоидные системы в водном растворе. Вода играет роль диспергента, окружая и увлекая частицы глины, образуя стабильные коллоидные растворы или суспензии.

Если содержится небольшое количество воды, то результирующая механически однородная система будет обладать пластичностью, способностью деформироваться и легкой обрабатываемостью, на чем основано использование глин при керамической формовке.

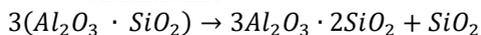
Муллит - ценное высокоогнеупорное и химически устойчивое соединение: из всех огнеупорных глин является твердой фазой при температуре свыше 1585°C, и производится из силлиманитовых минералов с техническим глиноземом.

Силлиманит возникает из калионита под действием высоких температур и давлений:



каолинит

силлиманит



силлиманит

муллит

В области производства, муллит используется как основной компонент для изготовления огнеупоров, которые выдерживают высокие температуры. Также муллит широко применяется в производстве керамических изделий, таких как посуда, кафель, изоляционные материалы и другие изделия.

Соединения кремния имеют повсеместную и высокую распространенность в земной коре. Реакционная способность соединений кремния имеет различный характер. С одной стороны химическая стойкость при низких температурах стекла и жидкого стекла, керамических изделий, которые используются для защиты от химически агрессивных сред и достаточно инертный кремнезем. С другой стороны, образование при высоких температурах силикатов кальция, которые имеют высокую химическую активность и являются основой для производства вяжущих веществ на основе портландцементного клинкера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белостоцкая И.С. Химия кремния. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 64с.
2. Jaroniec M. Silicon beyond the valley // Nature chemistry. Vol.1. 2009. P. 166.
3. Кривобородов Ю.Р. Специальные цементы: разновидности, свойства и применение // Техника и технология силикатов. Т. 30. №1. 2023. С.84-91.
4. Самченко С.В., Кривобородов Ю.Р. Роль химии в строительном материаловедении // Техника и технология силикатов. Т. 29 №3. 2022. С.200-216.
5. Самченко С.В., Александрова О.В., Зайцева А.А. Влияние плотности жидкого стекла на свойства газобетона // Техника и технология силикатов. Т. 26 №3. 2019. С.78-82.
6. Alpackiy D. Recycling in the production of mineral wool // E3S Web of Conferences. Т. 383. 2023.

*Студенты 1 курса 32 группы ИПГС Байназарова А.М., Заблоцкий Д.А.
Научный руководитель - проф. каф. СМ, д-р хим. наук, проф. А.В.
Корицунов*

ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

В настоящее время добавки, позволяющие получить разнообразные функциональные материалы на основе традиционных, широко распространены. Особенно востребованы компоненты на основе растительного сырья. Интерес представляет прозрачная древесина, полученная за счет замены лигнина на мономер лимонен, входящий в состав кожуры цитрусовых. Он заполняет пустые поры в древесине и придает ей оптический эффект. Оптический коэффициент составляет у такой древесины 90%, а мутность становится «исключительно низкой», около 30%. Проведенные эксперименты показали, что часть света проходящее сквозь древесину, делает ее прозрачной, при этом и более прочной [1-2]. Многие производители включают древесные отходы в различные проекты строительства и отделки интерьера. ForestBank – это попытка создания другого вида древесины без использования синтетических материалов и процессов, наносящих вред окружающей среде. Новый материал состоит из природных лесных «отходов» – листьев, коры, семян и даже мелких кустарников, которые составляют основу лесной подстилки. Эти «кусочки» собираются и смешиваются с минеральной основой и акриловой смолой на водной основе, без органических растворителей и ЛОС. Такой материал можно считать экологически устойчивым, так как для его производства достаточно того сырья, который обычно мы не замечаем под ногами. Уникальность поверхности ForestBank позволяет создавать единственные в своем роде шедевры – мебель, стеновые панели и любые другие изделия [3].

Проект Lo-Hi Tech основал систему Ke-Sol, которая представляет собой органичное сочетание легкой и прочной биокompозитной черепицы на основе волокон кенафа с индивидуальными солнечными панелями. Кровельные панели за счет изотермического процесса становятся не только легкими, но и прочными. Эти панели затем интегрируются с монокристаллическими солнечными панелями, и получается инновационная черепица, способная генерировать чистую энергию. Таким образом, крыши зданий можно превратить в большие поверхности, вырабатывающие электричество [4].

Дизайнер Йонас Эдвард, используя живой материал – грибной мицелий, создал гибкую перегородку внутри готовой формы. По мере своего роста, мицелий «перерабатывает» смесь растительных волокон, и

панель принимает форму, в которой сочетается гибкость с жесткостью. Помимо этого, материал является звукопоглощающей панелью [5].

Кукурузные початки – один из самых распространенных в мире сельскохозяйственных отходов. Он используется для изготовления внутренней биоразлагаемой облицовки. Доступный в форме плитки и листов, материал CornWall представляет собой более экологичную альтернативу керамической плитке для внутренних стен или пластиковому ламинату. Этот материал на 99% получен из возобновляемых биологических источников, производится при низких температурах, используя в основном солнечную энергию, и при этом выделяется меньше углекислого газа [6].

Бетон и строительные изделия из него являются одним из основных источников выбросов углекислого газа в мире, поэтому поиск альтернативы является первоочередной задачей решения проблемы загрязнения воздуха. Новый проект двух компаний демонстрирует Bio-Block на основе водорослей, который намного безопаснее для окружающей среды. Блоки изготавливаются на основе живых микроводорослей, которые под воздействием солнечного света проходят запатентованный процесс фотосинтетической биоцементации – связывают углерод в воде и создают материал, похожий на карбонат кальция, образующийся в коралловых рифах. Смешивая с наполнителем, из него формируют экологически чистый строительный материал с нулевым выбросом углерода [7]. Исследователи из университета RMIT обнаружили, что бетон можно сделать на 30% прочнее, если заменить часть песка кофейной гущей — органическими отходами. Песок заменяли кофейной гущей в количестве 0%, 5%, 10%, 15% и 20%. Эксперимент показал, что бетонный композит, в котором 15% песка было заменено, позволил увеличить прочность на 29,3% [8]. Еще один растительный бетон – это «Сахарный бетон». Он был разработан как недорогая и низкоуглеродистая многоцветная альтернатива таким строительным материалам, как кирпич и бетон. Материал был смешан с минеральными вяжущими и оказался в 4 раза легче, чем обычный кирпич, а выбросы углекислого газа при его производстве сократились почти на треть. «Сахарный бетон» обладает хорошими изоляционными и огнеупорными свойствами [9].

Инженеры из Массачусетского университета представили новый «космический» кирпич StarCrete, сделанный из взвешенной пыли и картофельного крахмала с добавлением поваренной соли, которая значительно повышает прочность материала. Такой кирпич может быть использован в строительстве домов [10]. Рассмотренные варианты разработок в области применения растительных отходов в составе разнообразных строительных материалов позволяют учитывать их в

развитии Российской научной школы, направленной на развитие строительного материаловедения и создания новых эффективных композитных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Казакова Е.Д., Черкашина В.В., Сухорукова И.А. Масштабируемая эстетическая прозрачная древесина для энергоэффективных зданий // Студент и наука. 2022. № 1 (20). С. 79-87.

2. Платонова Н.Р., Андреев В.В. Прозрачная древесина // В сборнике: Молодежь и научно-технический прогресс. Материалы региональной научно-практической конференции . 2022. С. 923-926.

3. Новый материал forestbank сделан из обрезков древесины // <https://www.vzavtra.net/materialy/novyy-material-forestbank-sdelan-iz-obrezkov-drevesiny.html> (Дата обращения 21.02.2024)

4. Биокompозитная черепица с солнечными панелями: ода традициям в современном мире // <https://www.vzavtra.net/materialy/biokompозитnaya-cherepica-s-solnechnymi-panyami-oda-tradiciyam-v-sovremennom-mire.html> (21.02.2024).

5. Мух SAIL/FLOOR: инновационный акустический материал, который можно использовать даже для мероприятий на открытом воздухе // <https://www.vzavtra.net/materialy/myx-sail-floor-innovacionnyj-akusticheskij-material-kotoryj-mozhno-ispolzovat-dazhe-dlya-meropriyatij-na-otkrytom-vozduxe> (Дата обращения 21.02.2024)

6. Cornwall: плитка из кукурузных початков для внутренней облицовки // <https://www.vzavtra.net/materialy/cornwall-plitka-iz-kukuruznyx-pochatkov-dlya-vnutrennej-oblicovki.html?ysclid=lily8lob7s527040654> (Дата обращения 21.02.2024)

7. Блоки на основе водорослей могут сделать здание более экологичными // <https://www.vzavtra.net/materialy/bloki-na-osnove-vodoroslej-mogut-sdelat-zdanie-bolee-ekologichnymi.html> (Дата обращения 21.02.2024).

8. Отходы кофейной гущи делают бетон на 30% прочнее // <https://www.vzavtra.net/materialy/otxody-kofejnoj-gushhi-delayut-beton-na-30-prochnee.html?ysclid=lilyd5vp4v897924712> (Дата обращения 21.02.2024).

9. Sugarcrete: «сахарный» строительный блок, который может заменить традиционные кирпичи // <https://www.vzavtra.net/materialy/sugarcrete-saxarnyj-stroitelnyj-blok-kotoryj-mozhet-zamenit-tradicionnye-kirpichi.html> (Дата обращения 21.02.2024).

10. Starcrete: новый «космический» кирпич из картофеля и соли // <https://www.vzavtra.net/materialy/starcrete-novyy-kosmicheskij-kirpich-iz-kartofelya-i-soli.html> (Дата обращения 21.02.2024).

*Студенты 2 курса 32 группы ИПГС Галкина А.Ю., Супрун А.Н.,
Студенты 4 курса 81 группы ИАГ Стибунов Д.В., Сусанина Т.В.,
Научный руководитель – доц каф.СМ., канд. техн. наук, доц. С.С.
Иноземцев*

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ САМОВОССТАНОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА С КАПСУЛИРОВАННЫМ МОДИФИКАТОРОМ

Способность асфальтобетона самостоятельно восстанавливать состояние структуры или улучшать эксплуатационное состояние материала является существенным признаком, по которому определяется эффективность технологии самовосстановления [1]. Практическая значимость использования технологии самовосстановления заключается в обеспечении восстановления способности асфальтобетона сопротивляться внешним воздействующим факторам без дополнительных энергетических и финансовых затрат. Важным критерием эффективности технологии самовосстановления является скорость этого процесса [2].

В данной работе были исследованы два восстанавливающих агента (ВА). В качестве восстанавливающих агента для самовосстановления использовали обычное подсолнечное масло (М) и тиолсодержащий уретановый AR-полимер (АРП) [3].

Смеси ЩМА-15 были приготовлены в соответствии ГОСТ 31015, с содержанием битума 7 % и остаточной пористостью – 3 %. Отвердителем для полимеризации AR-полимера является активатор, состоящий из технической серы, оксида марганца (IV) и тетраметилтиурамдисульфида, смешанных в соотношении 6,1: 3,7:1,0 (ООО «ПолиМикс Казань»).

В качестве вяжущего для ЩМА применялся битум БНД 60/90, отвечающий требованиям ГОСТ 22245-90.

Цилиндрические образцы ЩМА-15 высотой и диаметром 71,4 мм были изготовлены в соответствии с методикой ГОСТ 12801.

Для оценки скорости протекающего процесса самовосстановления в асфальтобетоне осуществлялось изготовление образцов-цилиндров по стандартной технологии. Изготовленные образцы асфальтобетона термостатировались в климатической камере при температуре 20 °С в течение не менее 2 часов, после чего испытывались при сжатии со скоростью нагружения 3 мм/мин и определялась максимальная нагрузка при разрушении. Испытанные образцы разделялись на серии, которые хранились при температуре 20 °С в течение 1, 3 и 7 суток. После истечения периода хранения образцы соответствующей серии повторно термостатировались и подвергались испытанию на сжатие.

Результаты определения кинетики изменения предела прочности при сжатии представлены в таблице 1.

Таблица 1

Изменение предела прочности при сжатии ЩМА различного состава

№	Состав	Капсулы	Предел прочности при сжатии через время, сутки			
			0	1	3	7
1	ЩМА-15	–	2,9	1,9	2,1	2,2
2		М	6	1	6	2
3	ЩМА-15 с активатором	–	4,0	3,0	3,3	3,4
4		АРП	2	7	7	2
			3,5	2,5	2,8	3,2
			9	7	4	5

Изменения относительной прочности R_t/R_0 описывается логарифмической зависимостью в соответствии с регрессионной моделью $f(x)=a\ln(x)+b$, где эмпирические коэффициенты описывают скорость изменения (a) и начальное значение показателя (b). Указанная модель свидетельствует о непостоянной скорости изменения относительной прочности $f(x)$ (рисунок 1).

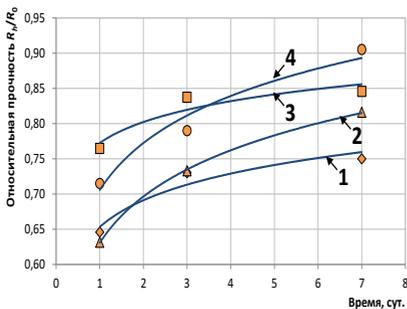


Рис. 1. Изменение относительной прочности ЩМА (номера из табл. 1)

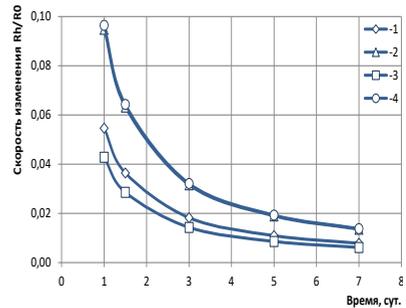


Рис. 2. Скорость изменения относительной прочности при сжатии (номера из табл. 1)

Анализ полученных зависимостей показывает, что в течение наблюдаемых 7 суток происходит увеличение показателя относительной прочности, характеризующей увеличение эффекта самовосстановления во времени. При этом данный процесс характерен как для образцов асфальтобетона без капсулированного модификатора (линии 1 и 3 на

рисунке 1), так и с капсулами в составе (линии 2 и 4 на рисунке 1). Этот процесс обуславливается собственным потенциалом к самовосстановлению за счет тиксотропии и термопластичных свойств вяжущего [4, 5]. Добавление капсулированного модификатора способствует ускорению процесса самовосстановления, что доказывает его положительное влияние на восстановление способности сопротивляться механическим нагрузкам. Для количественной оценки скорости самовосстановления и влияния капсулированного модификатора на указанный процесс производился регрессионный анализ.

Анализ рисунка 2 свидетельствует, что восстановительный процесс преимущественно протекает в начальный период в течение 3 суток, далее скорость изменения относительной прочности R_t/R_0 стремится к минимальным значениям, что свидетельствует о замедлении процесса самовосстановления. Сопоставление значений коэффициента a показывает, что с использованием капсулированного модификатора наблюдается увеличение скорости процесса самовосстановления.

Результаты определения скорости самовосстановления показывает, что в сравнении с традиционными ЦМА-15, асфальтобетон с капсулированным модификатором обладает большими значениями указанного показателя. Так скорость самовосстановления асфальтобетона с капсулированным АР-полимером на 77 % больше, чем асфальтобетона без капсул за счет собственного потенциала самовосстановления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Fisher H.* Self repairing materials - dream or reality? // Natural Science. 2010. Vol. 2 (8). Pp. 873-901.
2. *Inozemtcev S., Korolev E.* Indicators of the effectiveness of self-healing asphalt concrete // В сборнике: E3S Web of Conferences. 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. 2019. P. 02007.
3. *Inozemtcev S.S., Korolev E.V.* Increasing the Weathering Resistance of Asphalt by Nanomodification // Materials Science Forum. 2019. Vol. 945. Pp.147-157.
4. *Qiu J., Van de Ven M.F.C., Wu S., Yu J., Molenaar A.A.A.* Investigating the Self Healing Capability of Bituminous Binders // Road Materials and Pavement Design. 2009. Vol. 10. Pp. 81-94.
5. *Inozemtcev S., Korolev E., Do T.* Intrinsic self-healing potential of asphalt concrete // Magazine of Civil Engineering. 2023. Vol. 7(123).P. 12308.

*Студент 3 курса 2 группы ИПГС Грачев И.А.,
Студентка 3 курса 3 группы ИПГС Рахматуллина Э.Р.,
Студент 3 курса 11 группы ИПГС Маркин А.В.
Научный руководитель – доц каф.СМ., канд. техн. наук, доц. А.С.
Иноземцев*

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ФУНКЦИЕЙ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В БЕТОНАХ

В строительных сооружениях особое внимание уделяют системам отопления и охлаждения, которые затрачивают большое количество ресурсов. Именно поэтому остро стоит задача по снижению энергопотребления данных систем. Использование материалов с функций фазового перехода – один из способов решения этой задачи. Материалы с функцией фазового перехода (МФФП) представляют собой теплоаккумулирующие материалы, обладающие большим количеством тепловой энергии, запасаемой на стадии фазового перехода. В научной практике уже известно использование таких материалов для увеличения теплотехнических свойств сооружения [1] за счет уменьшения амплитуды колебаний температур на поверхности наружных стен [1], а также для защиты дорожного покрытия от образования трещин при перепадах температур [2]. Применение материалов для аккумуляции тепловой энергии в бетоне может быть использовано в современных технологиях возведения здания, где использования традиционных систем теплозащиты будет нецелесообразным. Особенную актуальность такие решения приобретают в автоматизированных технологиях строительства, например 3D-печать, где устройство систем теплоизоляции еще решается традиционными способами.

Для строительных целей использовались два типа МФФП, органические и неорганические. Температура фазового перехода отличается у каждого вещества. Наиболее распространенными неорганическими МФФП являются гидратированные соли. Такие МФФП могут иметь потенциальное применение в некоторых типах строительных материалов из-за их высокой объемной теплоаккумулирующей способности и хорошей теплопроводности. Дополнительными их преимуществами являются низкая стоимость, доступность в готовом виде и негорючесть. Однако существуют и значительные недостатки: большое изменение объема, интенсификация коррозии металла, переохлаждение при переходе из твердого состояния в жидкое, а также нестабильность фазовых переходов при циклическом воздействии, которое может вызвать значительную потерю энтальпии скрытой теплоты. Недостатки привели к тому, что такие вещества редко рассматриваются в качестве подходящего материала для введения в

бетон. Неорганические МФФП не распространены в практике, но опыт использования существует [3] (гексагидрохлорид кальция $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ с температурой фазового перехода $29,9^\circ\text{C}$).

В органических материалах с функцией фазового перехода выделяют парафиновые и непарафиновые. Парафин считается одним из самых популярных МФФП, используемых в бетоне, поскольку он неактивен в щелочной среде, химически стабилен и недорог. Парафин – это углеводород ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$) с температурой плавления в зависимости от количества углерода в диапазоне от 20 до 70°C . Чем больше атомов углерода присутствует в цепи, тем выше температура плавления парафина. Широкое применение этого МФФП с температурой фазового перехода 26°C в бетоне было успешно продемонстрировано предыдущими исследованиями [4].

Большинство органических непарафиновых МФФП являются кислотами. Температура плавления аналогична температуре парафина, они обладают отличными свойствами плавления и замораживания. Однако они дороже (примерно в три раза) парафиновых МФФП. Наиболее распространенными для применения МФФП являются бутилстеарат ($T_{\text{ф.п.}} = 18^\circ\text{C}$), додеканол ($T_{\text{ф.п.}} = 24...27^\circ\text{C}$), полиэтиленгликоль ($T_{\text{ф.п.}} = 18^\circ\text{C}$), тетрадеканол ($T_{\text{ф.п.}} = 35...39^\circ\text{C}$) и диметилсульфоксид ($T_{\text{ф.п.}} = 18,5^\circ\text{C}$). Однако бутилстеарат является наиболее подходящим из-за его относительно низкой стоимости и подходящей температуры плавления при комфортной для человека температуре, высоком накоплении скрытого тепла, малом изменении объема при фазовом переходе.

Также стоит упомянуть, что смешением МФФП с различной температурой плавления позволяет получать теплоаккумулирующие материалы с требуемой для эксплуатации температурой и энтальпией плавления и кристаллизации [5]. Например, смешением индивидуальных *n*-алканов $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$ с температурой плавления $21,7^\circ\text{C}$ и *n*-алкана $\text{C}_{19}\text{H}_{40}$ с температурой плавления $32,0^\circ\text{C}$ в соотношении $73,2 : 26,8$ можно получить теплоаккумулирующий материал с температурой плавления 25°C .

Для использования МФФП существует, как правило, несколько возможных способов: простое смешивание с компонентами бетона, насыщение бетона погружением в МФФП или под вакуумом и введение МФФП в составе материала носителя – капсул. Технология введения может быть в сухом виде и в виде водной суспензии. Основными проблемами при этом могут быть неравномерное распределение материала, снижение подвижности бетонных смесей и

степени гидратации вяжущего, снижение прочность. Способ введения МФФП в бетон оказывает существенное влияние на тепло-физические и механические свойства бетона [4]. Использование МФФП в бетонах имеет ряд преимуществ, обеспечивающих повышение теплоэффективности зданий. Однако существуют и проблемы, которые препятствуют широкому распространению данной технологии в строительстве. К таким проблемам формируют новые научные задачи: сложность распределения глобул неорганических МФФП (парафина); деградация и неработоспособность после многократных циклов фазового перехода неорганических МФФП; негативное влияние на прочность бетонов, уменьшение огнестойкости материал при использовании органических МФФП; негативное взаимодействие с некоторыми добавками, используемыми при производстве бетона; существенные деформации при фазовых переходах; возможность разложения некоторых МФФП в щелочной среде бетона; утечка МФФП в процессе эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Lecompte Th., Le B., Pascal Glouannec P., Nortershauser D., Masson S.* Mechanical and thermo-physical behaviour of concretes and mortars containing Phase Change Material // *Energy and Buildings*. 2015. Vol. 94. P. 52-60. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.02.044.
2. *Thiele A., Jamet A., Sant G., Pilon L.* Annual energy analysis of concrete containing phase change materials for building envelopes // *Energy Conversion and Management*. 2015. Vol. 103. P. 374-386. DOI: 10.1016/j.enconman.2015.06.068.
3. *She Zh., Wei Zh., Young B., Falzone G., Neithalath N., Sant G., Pilon L.* Examining the effects of microencapsulated phase change materials on early-age temperature evolutions in realistic pavement geometries // *Cement and Concrete Composites*. 2019. Vol. 103. P. 149-159.
4. *Shanmuganathan M., Sandeep Kumar S., Hosanna Princye P., Aravind A.R., Chhabria S., Jyothirmayee C.A.* Improving the cooling performance of the straight finned heat sink (SHS) for computer processor using an inorganic PCM // *Materials Today: Proceedings*. 2022. Vol. 69. P. 749-753.
5. *Ling T.-C., Poon C.-S.* Use of phase change materials for thermal energy storage in concrete: An overview // *Construction and Building Materials*. 2013. Vol. 46. P. 55–62. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2013.04.031
6. *Сокольникова С.Р., Иноземцев А.С.* Выбор термоаккумулирующего материала для разработки «умных чернил» для 3D-печати в строительстве // *Строительство: наука и образование*. 2024. № 1. – В печати.

Студент 2 курса 31 группы ИПГС Емельянов Д.А.

Студент 2 курса 31 группы ИПГС Карпов А.К.

Студент 2 курса 31 группы ИПГС Фомин Ф.К.

Научный руководитель - проф. каф.СМ, д-р техн. наук, проф.

С.С. Каприелов

РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Бетон – это материал, который давно известен всему миру и широко используется на всех стадиях проведения строительных работ. В настоящее время получил распространение нанобетон. Технология его изготовления также связана с использованием воды, всевозможных вяжущих веществ и заполнителей. Он мало, чем отличается от традиционного, но имеет лучшие технологические характеристики [1].

Модификатор, который применяется для изготовления нанобетона, содержит углеродные трубки, диоксид кремния, диоксид титана наноразмерного ряда и т.д., стабилизированные пластификатором [2-4]. Отличительная особенность наноцемента заключается в том, что содержащиеся в нем наноконкомпоненты способны к самоармированию, что снижает требования к бетонной конструкции. Прочность этого бетона выше примерно на 150%, по сравнению с обычным, при этом, вес конструкции из нанобетона намного меньше, примерно в 5 раз, по сравнению с сооружением, возведенным из обычного бетона. К тому же, морозостойкость нанобетона выше примерно на 50% [5-6].

Имея такие высокие качественные характеристики, нанобетон используют для возведения зданий, к которым предъявляются повышенные требования, к примеру, по сейсмоустойчивости. Нанобетон уникален тем, что не требует дополнительной обработки и значительно снижает затраты на возведение здания. Нанобетон устойчив к высоким температурам, свои характеристики он сохраняет при температуре до 800°C [7]. Нанотрубки, находящиеся в структуре облицовочных плиток из нанобетона, выделяют под воздействием кислорода атомарный кислород, имеющий бактерицидные свойства. Так как изменение физической структуры нанобетона резко снижает потребность вяжущего составляющего в воде, это позволяет в шесть раз уменьшить вес бетонных конструкций и вероятность появления трещин. Внутреннее молекулярное армирование снижает потребность в армировании бетонной конструкции [8].

Нанобетоны делятся на [9]: легкие нанопенбетоны, рекомендованные для использования в индивидуальном строительстве и для возведения перегородок в помещениях разного назначения.

Существующие стандарты легких конструкционных бетонов позиционируют их в диапазоне плотностей от 1,2 до 1,7 т.

Нанобетоны средней плотности применяются в строительстве объектов, к которым выдвигаются требования повышенной прочности (мосты, дорожные и аэродромные покрытия и т.п.).

Нанобетоны высокой, сверхвысокой прочности подходят для строительства несущих конструкций в жилых домах, в коммерческих зданиях, в сооружениях промышленного сельскохозяйственного назначения (обустройство лифтовых шахт, изготовление балок, ферм и др.).

Основными свойствами, которыми обладает нанобетон являются прочность, морозостойкость, бактерицидность. По прочности он в полтора раза превосходит обычный бетон, что обеспечивает долговечность строительных конструкций. Морозостойкость увеличивается наполовину, сравнительно с прочими видами. Нанобетон выдерживает температуры от минус 180 градусов до плюс 800 градусов вплоть до экстремального нагревания [10-11]. Нанобетон содержит компонент, например наноразмерный титанат висмута, который придает поверхности фотокаталитические и биоцидные свойства [12-13].

Многие авторы [14-16] считают, что при разработке новых строительных материалов на основе нанотехнологий стоит уделить больше внимания не повышению прочности бетона, которая и так достаточно высокая, а регулированию других параметров, например долговечности.

Хочется отметить, что с появлением нанобетона появилась возможность возводить сооружения в опасных сейсмических районах, строить здание под землей или в тяжелых горных условиях. Нанобетон идеален для монолитных конструкций и мостов. Подводя итог проведенному обзору, можно сказать, что будущее за нанотехнологиями и за наноматериалами, из которых будут возводиться объекты в сложных географических условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Скворцова Я.В.* Нанобетон: получение и применение // В сборнике: Концепции фундаментальных и прикладных научных исследований. сборник статей Международной научно-практической конференции. 2018. С. 53-55.

2. *Самченко С.В., Земскова О.В., Козлова И.В.* Стабилизация дисперсий углеродных нанотрубок при ультразвуковой обработке // Техника и технология силикатов, 2014, Т.21, №3 - С. 14-18.

3. *Козлова И.В.* Опыт применения наноразмерных частиц в производстве строительных материалов // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №3. С.81-87.

4. Самченко С.В., Земскова О.В., Козлова И.В. Стабилизация углеродных нанотрубок суперпластификаторами на основе эфиров поликарбоксилатных смол // Журнал прикладной химии. 2014. Т.87. № 12. С. 1795 – 1800.
5. Данилов А.Ю. Перспективы нанобетона // В сборнике: Образование. Наука. Производство. Материалы X Международного молодежного форума с международным участием. 2018. С. 704-707.
6. Макарова Н.В., Чернова Т.И., Кушова Д.А., Дымченко Д.С. Результаты экспериментальных исследований нанобетона // Вологодские чтения. 2008. С. 43-44.
7. Нанобетон: основные характеристики и сферы применения. <https://dzen.ru/a/XvHLAqhdZwtGJjC7> (Дата обращения 24.02.2024)
8. Оразова Д.К., Казгожаев М.А. Нанофибробетон и нанотехнологии в изготовлении бетона // Наука и техника Казахстана, 2020. №3. С. 60-66.
9. Сальков К.А., Денисенко В.А. Нанобетон: основные характеристики и сферы применения // Наука и образование: новое время. 2017. № 3 (20). С. 757-759.
10. Shah S.P., Hou P., Konsta-Gdoutos M.S. Nano-modification of cementitious material: toward a stronger and durable concrete // Journal of Sustainable Cement-Based Materials. 2015. Vol. 2. Iss. 5. pp. 67-78.
11. Рябчевский И.С., Аноприенко Д.С. Нанобетон в строительстве // В сборнике: V Международный студенческий строительный форум - 2020. Сборник докладов. В 2-х томах. Белгород, 2020. С. 243-246.
12. Козлова И.В., Дударева М.О. Перспективная добавка на основе системы $TiO_2-Vi_2O_3$ для цементных композитов // Строительные материалы. 2023. №11. С.100-103. DOI: 10.31659/0585-430X-2023-819-11-100-103.
13. Козлова И.В., Земскова О.В., Самченко С.В., Дударева М.О. Варианты синтеза фотокаталитически активной добавки для цементных систем // Техника и технология силикатов. 2023. Т.30, № 3. С. 206-216.
14. Хасанов А.А., Штебеле О.Э., Давыдова Е.А. Наномодифицированная бетонная смесь при зимнем бетонировании // Студенческий вестник. 2020. № 12-4 (110). С. 35-37.
15. Асатуллаев Н.Б., Сильянов В.В., Асатуллаев Б.А. Долговечные наноструктурированные асфальто-минеральные и дорожные бетоны // Научные исследования XXI века. 2021. № 4 (12). С. 7-18.
16. Киямов И.К., Вахитова Р.И., Сарачева Д.А., Мазанкина Д.В., Ситдикова И.П. Применение наноматериалов в теплоизоляции трубопроводов // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2019. Т. 11. № 2. С. 194-202.

Студентка 2 курса 32 группы ИПГС Климова С.Е.

Студентка 2 курса 32 группы ИПГС Курдюкова Д.П.

Студент 2 курса 32 группы ИПГС Злобин Ф.М.

Научный руководитель - проф. каф.СМ, д-р техн. наук, проф.

А.В. Шейфельд

УСКОРИТЕЛИ ТВЕРДЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ

В настоящее время строительство объектов промышленного и гражданского назначения из бетона идет круглый год, поэтому надо учитывать внешние условия, которые могут отрицательно влиять на качество возводимых сооружений. Решением этой проблемы является применение различных добавок-ускорителей в бетон [1]. К ним относятся неорганические и органические материалы природного и искусственного происхождения, направленные, в первую очередь, на ускоренное схватывание и твердение в начальный период. Из неорганических ускорителей схватывания и твердения отметим CaCl_2 , K_2CO_3 , Na_2SO_4 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, NaCNS , AlCl_3 и др. Из органических ускорителей схватывания портландцемента можно выделить пирокатехин, пирогаллол, кверцетин, морин [2].

На процессы ускорения твердения цементных бетонов оказывают отходы производств в комплексе с пластифицирующими добавками. Это металлургические шлаки, гальванический шлам, микрокремнезем, зола-унос и т.д. [3-4]. Особенно эффективно их применение в тонкодисперсном виде [5-6].

Помимо ускоренного набора ранней прочности добавки влияют еще и на другие эксплуатационные характеристики, такие как: повышение морозостойкости, водонепроницаемости, снижение сроков снятия опалубки и изготовления бетонных конструкций [7-8].

Все же основная цель применения ускоряющих добавок для бетонов заключается в повышении активности химических реакций гидратации цемента. В результате химических реакций в смеси происходит улучшенное смачивание и растворение составляющих цемента, что обеспечивает ускорение реакций гидратации в смеси. Одновременно повышается скорость смачивания всех ингредиентов смеси, увеличивается однородность и адгезия компонентов образующихся растворов, происходит уплотнение и быстрое смешивание частиц всех ингредиентов (цемента, воды, добавок и инертных материалов) [9].

На формирование структуры цементной системы оказывает комплексное воздействие органоминеральной составляющей, которая способствует ускорению протекания гидратационных процессов. Так в работе [10-11] отмечено, что в качестве органоминерального

модификатора используется модификатор МБ 14-50С АП-1, состоящий из конденсированного микроразмерного оксида кремния (43%), кислой золы-уноса (43%), суперпластификатора на основе сульфированных нафталинформальдегидов (14%). Приведенный пример показывает, что комплексный модификатор значительно уплотняет структуру цементного камня (рис 1б). В количестве 30% ускоряет гидратацию (рис.2 а), снижает содержание гидроксида кальция (рис 2б) и, соответственно увеличивает содержание низкоосновных гидросиликатов (рис 2в), что влияет на увеличение прочности цементного камня (рис 2г).

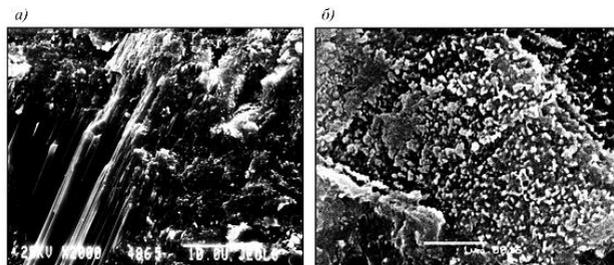


Рис. 1. Микрофотографии характерных участков цементного камня: а) контрольного образца, содержащего суперпластификатор (увеличение в 2000 раз); б) образец с комплексным органоминеральным модификатором (увеличение в 25000 раз) [10]

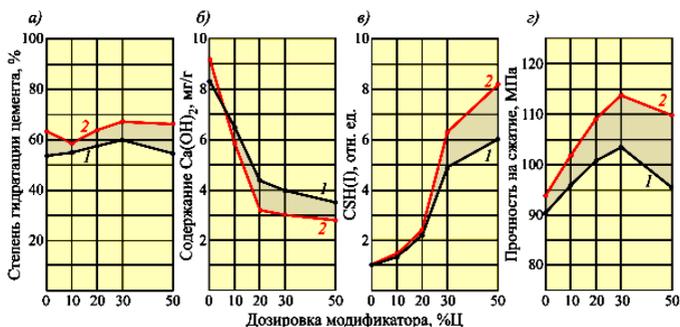


Рис. 2 Влияние дозировки комплексного органоминерального пластификатора на процессы структурообразования и твердения цементного камня: 1) продолжительность твердения - 28 сут; 2) 210 сут [10]

Таким образом, проведенный анализ, а также приведенный пример, показал, что применение комплексных модификаторов способно ускорить твердение бетона и обеспечить ускоренное возведение монолитных и железобетонных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Саматов М.А.* Выбор наиболее рациональных добавок–ускорителей твердения бетона при производстве работ // Наука без границ, 2017. № 6 (11). С. 105-110.
2. *Сердюкова А.А., Рахимбаев И.Ш.* О механизме действия ускорителей схватывания и твердения цементной матрицы бетона// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 26-28.
3. *Шевченко В.А., Киселев В.П., Панасенко Л.Н., Иванова Л.А., Васильевская Г.В.* Добавка-ускоритель для твердения бетонов на основе отходов промышленности // Известия КГАСУ. 2013. № 2(24). С. 287-294.
4. *Киль П.Н., Курсанова А.А., Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я., Добровольский И.П.* Добавки-ускорители полифункционального действия для шлакопортландцементов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура», 2014. Т.14. №2. С. 27-32.
5. *Козлова И.В., Нечаев К.В.* Влияние тонкомолотого шлака на свойства цемента с минеральными добавками // Техника и технология силикатов, 2018. Т.25. №4. С. 109-114.
6. *Самченко С.В., Земскова О.В., Козлова И.В.* Влияние дисперсности шлакового компонента на свойства шлакопортландцемента // Техника и технология силикатов, 2016. Т.23. №2. С. 19-23.
7. *Тараканов О.В.* Структурообразование и твердение цементных бетонов с комплексными ускоряющими и противоморозными добавками на основе вторичного сырья // автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Пенза, 2004. 46 с.
8. *Кудёлко О.А.* Использование химических добавок в монолитных бетонных и железобетонных конструкциях // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2010. № 12. С. 27-37.
9. Ускорители твердения для бетонов и растворов. <https://dzen.ru/a/XeYQYJiTCQC12kbj> (Дата обращения 25.02.2024).
10. *Шейнфельд А.В., Артамонова О.В.* Влияние дозировки комплексного органоминерального модификатора на процессы структурообразования цементного камня // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2023. № 9 (777). С. 36-45.
11. *Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардунян Г.С.* Новые модифицированные бетоны. М. ООО «Типография «Парадиз», 2010. 258 с.

*Студенты 2 курса 32 группы ИПГС Кох А.А., Ситникова С.А.
Студентка магистратуры 2 года обучения 31 группы ИПГС Кауфман
А.М
Научный руководитель- доц каф.СМ., канд. техн. наук, доц.Т.В.
Ревенко*

ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СТЕНОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Тема защитно-декоративных покрытий для стеновых строительных материалов важна в современном строительстве. Качественные покрытия обеспечивают долговечность, безопасность и эстетическое оформление строений. Многие материалы подвержены биоразрушению, но биоциды помогают предотвратить развитие микроорганизмов. Защитные покрытия используются для всех строительных материалов.

Механизмы действия антибактериальных металлических/металлоксидных наночастиц были подробно изучены в ряде научных источников. Основные этапы такого воздействия включают следующие процессы:

1) Повреждение клеточных мембран бактерий. Наночастицы, обладающие положительным зарядом, притягиваются к отрицательно заряженным клеточным стенкам бактерий, что позволяет им разрушать стенки и увеличивать их проницаемость.

2) Дестабилизация клеточной стенки и мембраны бактерий. Наночастицы могут взаимодействовать с клетками, выделяя ионы, которые изменяют мембранный потенциал и проникают внутрь клеток, вызывая их дисфункцию.

3) Образование активных форм кислорода. Наночастицы металлов и оксидов могут производить АФК и свободные радикалы, что приводит к повреждению органических биомолекул и гибели микробов. Фотокатализаторные свойства наночастиц оксида металла также способствуют их антибактериальной активности при облучении светом.

Доказывается, что эффективность антибактериального действия металлических и оксидных наночастиц зависит от различных факторов.

1) Размер наночастиц: Наночастицы серебра меньшего размера (1-10 нм) обычно обладают более эффективными свойствами в уничтожении бактерий. То же самое относится к наночастицам оксида цинка и оксида меди наименьшего размера.

2) Форма наночастиц: Кристаллические частицы с высокой атомной плотностью имеют большую активность против бактерий. Треугольные нанопластины серебра обычно обладают более высокой реакционной способностью, чем наночастицы других форм.

3) Поверхностный заряд наночастиц: этот фактор оказывает влияние на их антимикробную активность. Наночастицы серебра с положительным поверхностным зарядом демонстрируют повышенную активность против микроорганизмов [1-3].

Эти факторы являются ключевыми при определении эффективности антибактериального действия металлических и оксидных наночастиц.

Защитно-декоративное покрытие защищает материал от внешних воздействий и улучшает его внешний вид. Оно используется для увеличения срока службы изделий и не наносит вреда окружающей среде. Такие покрытия бывают следующих видов:

- 1. Эмалирование
- 2. Порошковая покраска
- 3. Гальваническое покрытие
- 4. Лакокрасочные покрытия

Могут быть применены на различных типах поверхностей, таких как металл, дерево, пластик, стекло и другие материалы.

Основные достоинства таких материалов:

Предотвращение всех видов биологической коррозии: лечение зараженных неметаллических материалов от грибковых и бактериальных инфекций, уничтожение вредителей и обрастания;

Универсальная превентивная защита неметаллических стройматериалов от всех возможных форм биологического поражения;

Экологичность - продукт имеет гигиенический сертификат Госэпиднадзора РФ, в том числе на обработку внутренних поверхностей в пищевой промышленности, безопасен для персонала, использующего препарат;

Пожаробезопасность - многие марки изготовлены на водной основе;

Простота обработки - распыление, нанесение кистью или погружение;

Долговечность - двойная обработка вместе с гидрофобными покрытиями обеспечивает надежную защиту на длительный период.

Состав продукта включает биологически активные ингредиенты в разных комбинациях в зависимости от конкретного типа

И одной из современных перспективных разработок в этой области стало использование бактерицидных добавок, основой которых выступают наночастицы серебра. В настоящее время наносеребро, такое

название получил этот наноматериал, успешно применяется в производстве многих препаратов.

Применение серебра в качестве биоактивного агента имеет несколько преимуществ, включая длительное действие, которое не оказывает негативного воздействия на человека. В отличие от других классических биоцидов, микроорганизмы не могут развить адаптацию к серебру. Использование растворов серебра, полученных методом импульсно-дугового диспергирования, позволяет получать чистые растворы, что расширяет его возможности для применения в различных областях науки и техники [4,5].

Подводя итоги стоит отметить, что в защитно-декоративных покрытиях для стеновых строительных материалов широко используются различные добавки, в том числе и бактерицидные. Они могут придать покрытию дополнительные эстетические свойства.

Использование таких добавок является экологически безопасным решением, не наносит вреда окружающей среде и здоровью человека.

Применение бактерицидных добавок в защитно-декоративных покрытиях является целесообразным и востребованным направлением в строительной индустрии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Sleptsov V.V., Revenok T.V.* Biocidal properties and application of colloidal silver solutions obtained by electric pulse dispersion method /The II International Scientific Conference “Industrial and Civil Construction 2022” /AIP Conf. Proc. 2758, 030001-1–030001-8 (2023)

2. *Богатырев В.М., Оранская Е.И., Галабурда М.В., Геращенко И.И., Осолодченко Т.П., Юсыпчук В.И.* Кремнеземные нанокompозиты с соединениями серебра, меди, цинка и их антимикробные свойства // Химия, физика и технология поверхностей. 2016. 20-23 с.

3. *Леонтьев В.К., Кузнецов Д.В., Фролов Г.А., Погорельский И.П., Латуа Н.В., Карасенков Я.Н.* Антибактериальные эффекты наночастиц металлов // Российский стоматологический журнал. 2017. 25-27 с.

4. *Gorokhovskiy A., Yurkov G., Burmistrov I., Villalpando-Reyna An, Kuznetsov D., Gusev A., Khaydarov B., Konyukhov Y., Zakharova O., Kiselev N.* Glass-Ceramic Protective Coatings Based on Metallurgical Slag. Coatings. 2023. DOI: 13. 269. 10.3390/coatings13020269.

5. *Bakina O., Pikuschak E., Prokopchuk A., Evplonova E., Plaksina T., Avgustinovich A., Spirina L., Vorozhtsov A., Yakovlev N., Lerner M.* Enhanced Biocidal Activity of Heterophase Zinc Oxide/Silver Nanoparticles Contained within Painted Surfaces // Coatings. 2024. 14.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦЕМЕНТНОЙ МАТРИЦЫ

Одной из важнейших задач современной науки является получение твердых тел с заданными свойствами, высокой стойкостью к эксплуатационным воздействиям функциональных строительных материалов. Решение данной задачи связано с детальным изучением структуры цементной матрицы материалов на микро-, субмикро- и наномасштабных уровнях. Этого можно достичь, используя методы термического анализа, электронной микроскопии, рентгенографического анализа, ИК-спектроскопии [1-3].

При исследовании цементного камня дифференциально-термический анализ (далее – ДТА) [4] показывает характерные эндотермические реакции, вызванные обезвоживанием гидратных новообразований и разрушением их кристаллической структуры, а также экзотермические реакции, обусловленные образованием при высоких температурах новых соединений. ДТА позволяет определить в цементном камне $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaCO_3 , гидросиликаты кальция различного состава, гидроалюминаты кальция, разнообразные комплексные соединения, различные виды и модификации гипса и другие новообразования. На термограмме портландцементного камня нормального твердения (рис. 1) [4] выявлены три основных эндотермических эффекта, связанные с удалением адсорбционной воды из гелеобразных продуктов гидратации и кристаллогидратной воды из гидросульфалюмината кальция при 140°C , а также дегидратацией $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при 510°C и диссоциацией CaCO_3 при 800°C .

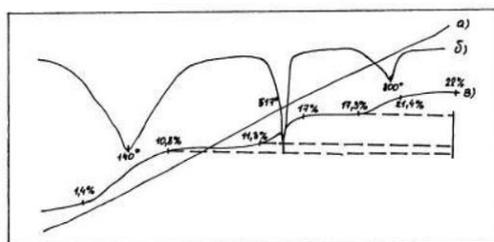


Рис. 1 Комплексная термограмма цементного камня: а – температурная кривая; б – дифференциальная кривая; в – кривая потери массы [4]

Для исследования морфологии цементного камня применяется электронный микроскоп [5]. По принципу действия и способу

исследования объектов различают просвечивающие, отражательные, эмиссионные, растровые и теневые электронные микроскопы. В электронной микроскопии различают прямые методы исследования (на просвет) и косвенные (с помощью реплик). Электронно-микроскопический метод изучения микроструктуры позволяет исследовать пористую структуру в неразрушенном состоянии, наблюдать строение отдельных участков материала и в благоприятных случаях непосредственно определять размеры частиц и пор.

Рентгенографический анализ основан на методах исследования, в которых используется рентгеновское излучение. Различают рентгеноструктурный анализ, который изучает элементарную ячейку вещества и рентгенофазовый анализ (далее- РФА), направленный для исследования фазовых превращений и минералогического состава вещества. Последний нашел широкое применение в исследовании качественного и количественного минералогического состава цементного камня [6].

Качественный РФА материалов заключается в сопоставлении значений рефлексов межплоскостных расстояний d/n и их относительных интенсивностей отражений I с эталонными рентгенограммами. Значение d/n определяют для каждого рефлекса по известному значению с помощью уравнения Вульфа–Брегга. Значения d/n и I , полученные из рентгенограмм эталонных материалов, представлены в справочниках или картотеках в виде таблиц, позволяющие идентифицировать минеральный состав в исследуемом образце. Количественное определение содержащихся в исследуемом цементном камне отдельных фаз с помощью РФА основано на изучении зависимости интенсивности дифракционных максимумов (отражений) от содержания определяемой фазы. С увеличением содержания той или иной фазы интенсивность ее отражений увеличивается [4].

ИК - спектроскопия основана на поглощении инфракрасного излучения исследуемым веществом. Она может использоваться для идентификации состава пластификаторов, входящих в состав модифицированного цементного камня. Поскольку пластификаторы имеют органическую основу, спектральные отнесения, сделанные для органических молекул, полезны при интерпретации ИК спектров полимеров, входящих в состав пластификаторов. На рис. 2 приведена корреляционная таблица для полимеров, позволяющая идентифицировать ту или иную функциональную группу, входящую в его состав [7]. Подводя итог, можно отметить, что изучение методов исследования цементного камня позволит управлять процессами структурообразования, а, следовательно получать строительные материалы с заданными свойствами.

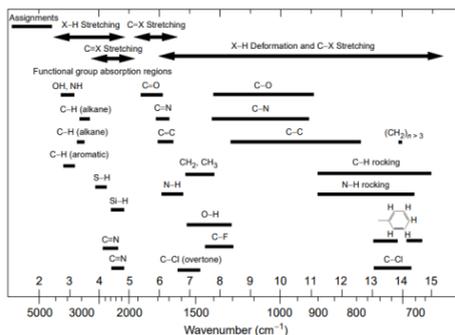


Рис. 2. Таблица корреляции для ИК полос поглощения полимеров

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плотникова Г.В., Дашко Л.В., Ключников В.Ю., Синюк В.Д. Применение методов термического анализа при исследовании цементного камня // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2013. № 2 (65). С. 47-54.
2. Смолий В.А., Яценко Е.А., Косарев А.С., Климова Л.В. Исследование спектрофотометрических характеристик декоративного слоя силикатного композиционного теплоизоляционно-декоративного материала// Техника и технология силикатов. 2017. Т. 24. № 4. С. 23-28.
3. Мамедова Г.А. Рентгенографическое и ик-спектроскопическое исследование природного цеолита // Техника и технология силикатов. 2016. Т. 23. № 1. С. 9-12.
4. Макарова И.А., Лохова Н.А. Физико-химические методы исследования строительных материалов // учеб. пособие. – 2-е изд. перераб. и доп. – Братск: Изд-во БрГУ, 2011. – 139 с.
5. Кузнецова Т.В., Самченко С.В. Микроскопия материалов цементного производства. Москва: МИКХИС, Изд.-полиграфический центр, 2007. 301 с.
6. Артамонова О.В., Славчева Г.С. Метод рентгеновской дифракции в материаловедении строительных материалов и наноматериалов: учеб. пособие . Воронеж: ФГБОУВО «Воронежский государственный технический университет», 2018. – 104 с.
7. Носенко Т.Н., Ситникова В.Е., Стрельникова И.Е., Фокина М.И. Практикум по колебательной спектроскопии: Учебное пособие. СПб: Университет ИТМО, 2021. 173 с.

*Студенты 1 курса 32 группы ИПГС Иванова П.А, Марченко Д.Л.
Научные руководители - зав. каф. СМ., д-р техн.наук, проф. С.В.
Самченко, ст.преп. каф.СМ М.О. Дударева*

САМООЧИЩАЮЩЕЕСЯ СТЕКЛО

Использование человеком стекла и разнообразных изделий на его основе охватывает период, составляющий практически 5 тысяч лет. Археологические раскопки свидетельствуют о том, что родиной стекла можно назвать Древний Египет, однако, материалы и изделия на основе неорганически стекол были обнаружены на Ближнем Востоке на территории Междуречья.

По происхождению стекла подразделяются на органические и неорганические. Органические стекла состоят из полимерных соединений на основе полиакрилатов, поликарбонатов, производны стирола, винилхлорида и метилметакрилата. Основным классом неорганических стекол можно назвать оксидные стекла, сформированные, главным образом стеклообразующими оксидами, такими как SiO_2 , GeO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 , As_2O_3 [1].

Все стекла обладают определенным набором свойств, обусловленных стеклообразным состоянием вещества, которые отличают их от других типов материалов. Стекла являются аморфными телами, у них отсутствует определённая температура плавления, они обладают избыточным запасом внутренней энергии и изотропностью свойств.

В строительстве материалы и изделия на основе стекла применяются в разных сферах: все чаще стекло становится не только материалом для заполнения оконных и дверных проемов и в качестве отделочного и декоративного материал, но и как конструкционный материал. Набирают популярность такие инновационные материалы на основе стекла, как: электро-, фото- и теромохромные умные стекла, энергосберегающее и электропроводящее стекло, модифицированные графеном, армированное и солнцезащитное стекло [2].

Зачастую, остекление применяется на больших по площади объектах, расположенных в сильно загазованных и загрязненных мегаполисах. За счет этого на поверхности стеклянных конструкций в большом количестве оседают летучие органические соединения (ЛОС), которые значительно ухудшают внешний вид остекленной конструкции, в разы увеличивая расходы на профессиональное мытье фасадов зданий, что влечет постоянные дополнительные расходы.

Одним из вариантов решения данной проблемы можно назвать самоочищающееся стекло. Современные исследования в направлении исследования самоочищающихся стекол ведутся в двух направлениях. Первое из них касается придания стеклу способности к самоочищению

за счет нанесения на поверхность стеклянного изделия состава, содержащего фотокатализатор. К наиболее известными фотокаталитически активным соединениям относится оксид титана TiO_2 в кристаллической модификации анатаз. В частице фотокатализатора под воздействием ультрафиолетового излучения начинают происходить процессы формирования высокорекреационных частиц - свободных радикалов, которые способны вступать во вторичные окислительно-восстановительные реакции, окисляя осевшие на поверхности стекла органические загрязнители до нетоксичных углекислого газа и воды, дольше оставляя поверхность стекла чистой, снижая денежные и временные расходы на поддержание эстетичного внешнего вида здания. Кроме того, эффект самоочистки достигается также за счет увеличения гидрофильности поверхности. Это значит, что адсорбированные загрязнители и продукты их окисления будут лучше смываться водой с поверхности (рис.1) [3,4].

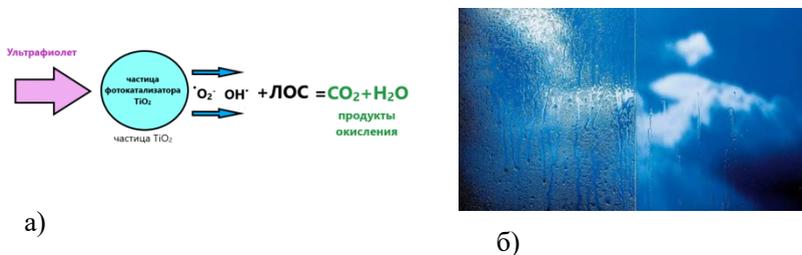


Рис. 1. а) принцип действия фотокатализатора б) слева - обычное, справа - самоочищающееся стекло

Другой способ придания поверхности стекла способности к самоочищению основан на обратном эффекте, в результате которого поверхность приобретает супрегидрофобные свойства, то есть не смачивается водой.

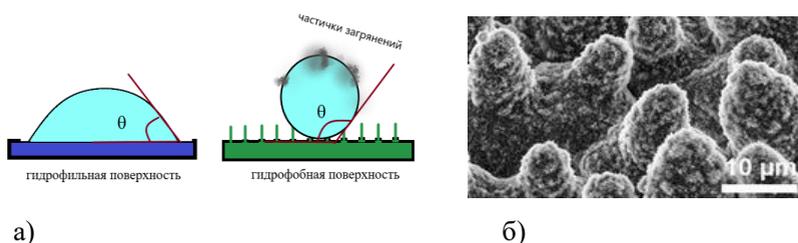


Рис. 2. а) краевой угол смачивания б) микрофотография поверхности лепестков лотоса

Количественной характеристикой процесса смачивания является краевой угол смачивания θ . При $\theta < 90^\circ$ поверхность будет гидрофильной, при $\theta > 90^\circ$ - гидрофобной, а для $\theta > 150^\circ$ - супергидрофобной. В природе

такой эффект проявляется у листьев лотоса, поверхность которых покрыта наноразмерными бугорками. Капли воды не растекаются по такой поверхности, а собираются в капли и скатываются, унося с собой частички загрязнений (рис.2). Обычно придание поверхности гидрофильных или гидрофобных свойств происходит за счет нанесения тонких пленок покрытия на поверхность стекла, которые формируются в процессе золь-гель реакции, химического осаждения из газовой фазы, технологии плазменного осаждения. Наноструктурирование поверхности стекла осуществляется путем применения лазерной или плазменной обработки, травления или литографии [5,6]. Самоочищающееся стекло можно с уверенностью назвать инновационным материалом: оно долговечно, покрытие практически не меняет внешний вид изделия, позволяет сэкономить время и деньги, затрачиваемые на мытье фасадов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Казьмина О.В., Беломестнова Э.Н., Дитц А.А.* Химическая технология стекла и ситаллов: учебное пособие. 2011. Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 170 с.
2. <https://www.morningglass.com/ru/blog/innovative-glass>
3. *Чухланцева К.Ю., Бегунова Е.В., Мосалев Н.А.* Остекление многоэтажных зданий с применением уникальной технологии «самоочищающееся стекло» // Актуальные проблемы науки и техники: Материалы I Международной научно-технической конференции, Сарапул, 20–22 мая 2021 года. – Ижевск: Издательство УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова.- 2021. – С. 186-190.
4. *Владимирова А.О., Ходченко С.М.* Анализ эффективности логистической функции производства самоочищающегося стекла с фотокаталитическим покрытием // Успехи в химии и химической технологии. - 2012. Т. 26, № 11(140). С. 68-72.
5. *Sureka K., Sundararajan S.* Self-cleaning glass. - 2015. DOI: 10.1016/B978-0-85709-211-3.00004-2
6. *Mazlan N., Arifin R., Ghoshal S. K.* Hydrophobic zinc-tellurite glass system as self-cleaning vehicle: Interplay amid SiO₂ and TeO₂ // Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences. - 2018. DOI: 10.11113/mjfas.v14n0.1321.

Студент 1 курса 31 группы ИПГС Межуев А.С.

Студент 1 курса 31 группы ИПГС Трунтов Н.С.

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук, доц. Зорин Д.А.

АРМИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ПРИ 3-D ПЕЧАТИ

3-D печать бетоном очень быстро развивается и становится популярным способом возведения, каких либо строений в самые короткие сроки. Отсюда и понятен огромный плюс 3-D печати бетоном. Это конечно значительное сокращение сроков возведения стен зданий с возможностью организации 24 часового режима работы. Но несмотря на такой большой плюс есть не менее большая проблема, которая в дальнейшем, конечно, должна быть решена.

3-D печать бетоном требует применения определённого армирования и на данный момент отсутствуют приемлемые способы решения этого вопроса. Это необходимо для того, чтобы повысить прочность и срок эксплуатации бетонных конструкций.



Рис.1. 3D-печать

Печать бетоном представляет собой очень быстрое создание изделий и конструкций из бетона при помощи 3-D принтеров. Создание таких конструкций представляет собой послойное наложение бетонной смеси в строго определенном порядке. На самом деле такая печать бетоном имеет очень много плюсов, например снижение стоимости возведения архитектурно сложных зданий, снижение затрат на декоративное оформление зданий, сокращение потребности в персонале и сокращение затрат на материалы.

Во многих странах развивается сфера 3-D печати бетоном, к примеру, в Китае печатают здания 3-D принтерами с использованием смеси из

строительных отходов, таких как стекло, сталь и цемент. Компания из США несколько лет назад уже построила отель в Филиппинах. В номере даже установили напечатанное станком джакузи.

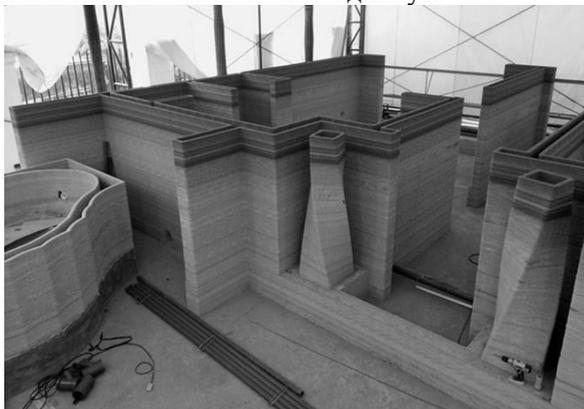


Рис.2. Строительство отеля

Также хочется упомянуть и о Российских компаниях, которые занимаются 3-D печатью. В России существуют различные компании занимающиеся печатью бетоном (Рис.3.). Есть компании специализирующиеся на строительстве бетонных заборов, есть компании занимающиеся благоустройством, а есть и те которые занимаются проектированием жилых, общественных и промышленных зданий.



Рис.3. Стены, напечатанные на 3D-принтере

Значительный прогресс бы достигнут в сфере 3-D печати бетоном без армирования. Однако, исследования различных способов применения армирования в автоматизированном конструировании являются примитивными и трудозатратными. Так как армирование является необходимым элементом в различных конструкциях зданий и сооружений, есть необходимость усовершенствовать технологию

армирования при 3-D печати. В настоящее время существует несколько способов армирования при 3-D печати: традиционное, фибровое, текстильное, а также армирование с применением низкополигональных технологии.

Уже сейчас существуют принтеры для 3-D печати из расплавленного алюминия. Этот способ позволяет производить металлокаркасы буквально за считанные минуты.

С его помощью можно выпускать крупногабаритные детали, каркасы различных изделий, детали сложной формы.

Нашей стране необходима 3-D печать арматуры. Этот метод можно было бы использовать для производства элементов конструкций, а также для быстрого выпуска пробных прототипов с использованием переработанного сырья или металлолома.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Потапова Е.Н., Бурлов И.Ю., Азовцева О.В., Мин Хейн Хтет* Вяжущие для 3D принтера//Техника и технология силикатов.2023.Т.30. № 1.С. 8 – 15.
2. *Зыонг Т. К., Иноземцев А. С.* Пригодность бетонных смесей на полых микросферах для 3d-печати в строительстве // Современное строительство и архитектура. – 2020. – № 3(19). – С. 16-21. – DOI 10.18454/mca.2020.19.3.
3. *Жидков Ю. А., Иноземцев А. С.* Применение материалов с эффектом «памяти» формы при разработке «чернил» для строительной 3D-печати // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования - 2023 : Сб. докл. IV Национальной науч. конф., Москва, 15 декабря 2023 года. – Москва: МГСУ, 2024. – С. 246-252.
4. *Корнейчук В. В., Емельянов Р. Т.* Метод армирования конструкций, изготовленных с помощью строительного 3D принтера // Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее: сборник научных статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 18–20 октября 2023 года. – Красноярск: ИСИ ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», 2023. – С. 393-395.
5. *Филипенко П. В., Солонина В. А., Суровцев И. А.* Оптимизация структуры мелкозернистого бетона для строительной 3D-печати // Современное строительство и архитектура. – 2022. – № 6(30). – С. 10-14. – DOI 10.18454/mca.2022.30.6.002

Студентка 4 курса 33 группы ИПГС Калинина М.С.

Студентка 4 курса 33 группы ИПГС Монахина А.А.

Научный руководитель – доц каф.СМ., канд. техн. наук, доц. М.Г.

Бруяко

ФИБРОБЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ПЛАЗМОМОДИФИЦИРОВАННОЙ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ФИБРЫ

Бетонами называют искусственные каменные материалы, получаемые в результате затвердевания тщательно перемешанной и уплотненной смеси из минерального или органического вяжущего вещества с водой, мелкого или крупного заполнителей, взятых в определенных пропорциях. [1]

Бетон имеет определенные свойства: плотность, прочность при сжатии, прочность при растяжении, морозостойкость, теплопроводность. Так как этот строительный материал часто используется в повседневном строительстве, появилась задача повысить прочностные характеристики бетона. Для этого используют различные добавки, а также фибру.

Фибра – это волокна из различных материалов, добавляемые в бетонную смесь и равномерно распределяемые в ней для улучшения свойств бетона.

Фибра способна влиять на структуру бетона и его физико-механические характеристики двумя способами:

1) на стадии структурообразования. При пластической усадке волокна способствуют перераспределению напряжений усадки от более нагруженных зон на весь объем бетона;

2) при нагружении в процессе эксплуатации. Фибра замедляет образование трещин.

Можно отметить некоторые преимущества фибробетона в сравнении с обыкновенными бетонами [2,3]:

- сокращение расходов на строительные работы (армирующая сетка и каркас заменяются фиброй для стального армирования);
- снижение расхода материала, обеспечение экономии на бетонных смесях;
- гарантия прочности готового строения;
- устойчивость к скачкам температуры, влажным условиям, охлаждению, оттаиванию;
- невозгораемость;
- продолжительный срок эксплуатации.

Все виды фибр имеют разные технические характеристики и, как следствие, имеют свои преимущества и недостатки.

Существуют различные виды:

1) стальная фибра. Изготавливается из стальной низкоуглеродистой проволоки. Бывает в виде прямых отрезков, волновая и анкерная. Стальная фибра также может быть изготовлена из стального листа, тогда ее сечение имеет прямоугольную форму;

2) базальтовая фибра. Изготавливается из базальтового волокна методом экструзии расплава базальтовой породы через прядильные платино-родиевые фильеры. Изготовленные таким образом комплексные нити впоследствии рубятся на отрезки заданной длины;

3) полипропиленовая (полимерная) фибра. Изготавливается из синтетического термопластичного материала из газа пропилена и представлена в виде грубых спиралевидных сегментов или тонких рубленых нитей;

4) стекловолоконная фибра. Сырьем для стекловолокна служит обычное битое стекло. Также используется известняк, песок и вспомогательные компоненты. Технология производства стекловолокна схожа по своим основным этапам с производством базальтового волокна. [4,5]

Для повышения адгезионно-когезионных свойств композиционных материалов, которые влияют на прочностные показатели, был рассмотрен способ травления поверхности базальтовой и стеклянной фибры низкотемпературной плазмой для обеспечения большего сцепления с портландцементной и гипсовой матрицей.

Возникновение плазмы от постоянного потенциала осуществляется путем подачи переменного напряжения на два электрода (характеристики тока: частота - 30000 Гц, напряжение – 8000 В) при этом разность потенциалов на них должна быть достаточной для ионизации молекул газа, находящегося в межэлектродном пространстве. В межэлектродном пространстве образуется поток лавинный поток электронов.

Лавинный поток электронов — это процесс, при котором изначально малое количество свободных электронов (возможно, даже одиночный электрон) в среде подвергаются сильному ускорению электрическим полем.

В течение короткого промежутка времени между столкновениями с атомами среды электроны приобретают энергию от поля. При каждом столкновении они отдают малую часть набранной энергии атомам.

Если набранная в результате энергия одного электрона превышает потенциал ионизации атома, последующие столкновения электронов с атомами могут приводить к ударной ионизации, которая высвобождает дополнительные электроны. [3]

На рисунке 1 отображена установка для модифицирования базальтового волокна. В качестве одного электрода представлена колба с раствором воды и соли, в качестве второго – металлическая пластина. Стекло колбы является диэлектриком.

В межэлектродном пространстве образуется поток электронов, которые, при соударении с поверхностью волокна, образуют на ней кратеры. Этот процесс называется травлением поверхности.

За счёт травления увеличивается площадь взаимодействия волокна с портландцементной или гипсовой матрицами, что повышает его адгезионные свойства.

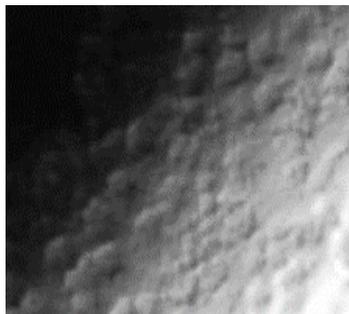
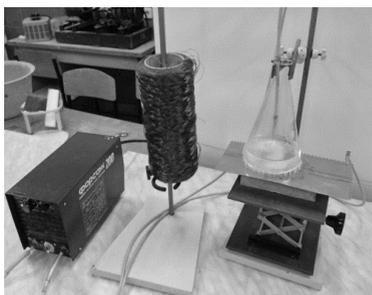


Рисунок 1 – Испытательная установка

Рисунок 2 – Травленная поверхность волокна

В результате исследования были получены стекловолокна и базальтовые волокна с повышенными адгезионными характеристиками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Баженов Ю.М.* Технология бетона. М.:Изд-во АСВ, 2003. 5 с.
2. Виды фибр: какую фибру выбрать? <https://technobasalt.com/ru/resources-ru/faq-ru/basalt-fiber-vs-other-fiber-ru/> (Дата обращения 10.03.2024)
3. *Yang J., Zhang Y., Huang J.* The strengthening theory of steel fiber reinforced concrete and its application in tunnel engineering: A review // *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2024. 19.
4. *Kroviakov S.O. Shestakova L.E.* DURABILITY OF RIGID PAVEMENT CONCRETE REINFORCED WITH BASALT FIBER // *Modern construction and architecture*. 2024. 109-117. DOI: 10.31650/2786-6696-2024-7-109-117.
5. *Arun A.M., Bharathi S., Priyanka D., Banu T., Anbumeena S.* Experimental Study On The Effect Of Glass Fiber Reinforced Concrete // *International Journal of Engineering Technology and Management Sciences*. 2023. 7. DOI: 10.46647/ijetms.2023.v07i06.061.

Студентка 1 курса 32 группы ИПГС Прыткова А.Р.

Студент 1 курса 32 группы ИПГС Сысоев Д.М.

Научный руководитель доц каф.СМ., канд.техн. наук, Е.М. Макаров

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ САНИРУЮЩИХ ШТУКАТУРОК В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Под санирующей штукатуркой понимают материал для создания двухслойного паропроницаемого покрытия, который позволяет влаге испаряться, а солям - кристаллизоваться и оставаться внутри [1].

Штукатурка способна осушить поверхность, благодаря чему используется в гидроизоляции и защите основного материала стен. Санирующие смеси широко применяются для отделки погребов, ремонта стен, цоколей, фундаментов, ванных комнат. Растворы особенно рекомендованы к использованию в подвальных и полуподвальных помещениях с высокой степенью засоленности кладки. Они серьезно продлевают срок эксплуатации стен и покрытий, поскольку мешают разрушительному воздействию капиллярной влаги и солей. Не менее хорошо смеси подходят для реставрации памятников и исторических зданий [2-4].

Санация стен заключается в перемещении из кладки влаги и растворенных в ней солей в санирующую штукатурную систему. Кристаллизация мигрирующих солей происходит внутри структуры штукатурной системы, не вызывая ее повреждения, вследствие высокой пористости. Высокая паропроницаемость санирующих материалов способствует удалению влаги из кирпичной и каменной кладки [5].

Технология санации стен имеет следующие этапы: подготовка основания; непосредственно санация стен, в том числе, санирующий обрызг при сильном засолении кладок; нанесение санирующей штукатурки и санирующей финишной шпаклевки (рис. 1) [6].

Преимуществами применения санирующей штукатурки являются [7]:

- снижение риска появления высолов за счет равномерного распределения солей в толще материала;
- продление срока службы конструкций;
- предупреждение появления бактерий, плесени за счет уменьшения влажности и антисептического воздействия;
- предотвращение неприятных запахов в доме;
- создание гидроизоляции,
- защита сооружений от атмосферных осадков;
- улучшение паропроницаемости, за счет чего воздушные массы беспрепятственно покидают помещение, что дает эффект естественной вентиляции;



а)



б)



в)



г)

Рис. 1 Этапы санации стен: а) подготовка основания, б) санация стен; в) нанесение saniрующей штукатурки; г) нанесение saniрующей финишной шпатлевки

-отсутствие растрескивания, в том числе при нанесении толстым слоем;

- возможность применять для внутренних и наружных работ, использовать в качестве облицовки без дальнейшего отделывания;

-значительная сульфатная стойкость;

- экологичность состава,

-безвредность для окружающей среды и здоровья жильцов.

Недостатков у saniрующих смесей немного. Это [8]:

- высокая цена;

- сложность технологии нанесения;

- нельзя применять для защиты подпорных стенок или иных конструкций от грунтовых вод, а также от воды, подаваемой под напором;

- нельзя использовать для оснований из гипса.

Санирующие штукатурки часто применяются при отделке ванных комнат, так как при контакте с водой или в помещениях с повышенной влажностью проявляют свои прочностные и защитные свойства. При облицовке керамической плиткой санирующие штукатурки

используются основанием для сцепления с поверхностью стены, так как практически не подвержены разрушению и легко выдерживают вес отделки. Для влажных помещений очень важно, что saniрующие штукатурки обладают бактерицидным действием и предотвращают размножение грибка и плесени. Также они используются при нанесении под краску, которая должна иметь хорошую паропроницаемость. Это позволит сохранить осушающие свойства штукатурки.

Исходя из вышеизложенного, можно отметить эффективность применения saniрующих штукатурок для разных целей, от ремонта ваннх комнат и подвалов до реставрации объектов архитектурного наследия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Урецкая Е.А., Плотникова Е.М.* Ремонт влажных и поврежденных солями строительных конструкций // Сухие строительные смеси, 2011. №1. С. 32-35.
2. *Берестяный А.Л.* Система реставрационных штукатурок Siltek // Сухие строительные смеси, 2012. №1. С. 22-23.
3. *Кононова И.Е.* Применение saniрующих штукаутрных систем при реконструкции // В сборнике: XII Международный молодежный форум "Образование. Наука. Производство". Материалы форума. Белгород, 2020. С. 808-811.
4. *Портнягин Д.Г., Василишин В.А., Жарченко А.В.* Санация стен подвала с применением сухих смесей для торкретирования // Инженерный вестник Дона. 2020. № 5 (65). С. 43.
5. *Белых С.А., Кудяков А.И., Чикичев А.А.* Сухая строительная смесь с повышенной адгезионной прочностью для отделки кирпичных поверхностей во влажных помещениях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 1 (60). С. 122-133.
6. *Харитонов А.М., Ступак М.В., Иванова Т.А.* Санирующие сухие смеси: требования к материалу и особенности подбора состава // Цемент и его применение. 2022. № 1. С. 114-116.
7. *Алабушев Д.А., Кекало О.Г.* Санирующие штукатурные смеси в строительстве // В сборнике: Приоритетные направления развития науки и образования. сборник статей X Международной научно-практической конференции: в 2 ч.. 2020. С. 99-103.

Студентка 2 курса 32 группы ИПГС Резник М.А.

Студентка 2 курса 32 группы ИПГС Миронова К.А.

Научный руководитель – доц каф.СМ., канд. техн. наук, доц. М.Г. Бруяко

ПЛАЗМОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ ФОРМОВОЧНЫЕ СМЕСИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ

Слово “керамика” произошло от греческого “Keramos”, что означает “глина”. Керамикой называют изделия сделанные из смеси глины с песком и других природных материалов.

Глина – один из древнейших строительных материалов. Она занимает второе место по использованию в строительстве, уступая лишь изделиям на основе цемента.

Глинистые минералы – это природные алюмосиликаты. Они обладают высокой дисперсностью и гидрофильностью. Одними из главных свойств глиняных формовочных масс являются пластичность и набухаемость.

Ввиду частоты использования глины, как строительного материала, необходимо нахождение путей регулирования свойств формовочных водно-глиняных смесей на стадии формования изделий с целью повышения качества готовой продукции.

Исследование посвящено изучению влияния скорости и величины изменения предельного напряжения сдвига формовочных водно-глиняных смесей за счёт модификации основных компонентов, а именно воды, обработанной в низкотемпературной неравновесной плазме, на их характеристики и технологические получения.

Сырьём для исследования являются бентонитовая глина, вода, вода, обработанная в низкотемпературной неравновесной плазме.

Бентонитовая глина – это сложный минерал, имеющий полностью природное происхождение. В её состав входят минерал монтмориллонит, имеющий формулу $\text{Si}_8\text{Al}_4\text{O}_{20}(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (кремний может замещаться различными катионами), каолинит, илит и другие алюмосиликаты, также в ней могут присутствовать песчаные примеси и карбонаты [5].

Вода – это сложная структура, в которой, помимо основных химических элементов, присутствует большое количество примесей, которые также влияют на структуру и характеристики.

Молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода, имеет химическую формулу H_2O . Атомы соединены между собой ковалентной связью [2].

В основном вода имеет гексагональную (шестигранную) структуру, то есть шесть молекул воды объединяются в кольцо. При этом у каждой молекулы сохраняется способность образовывать водородные связи, за счёт чего они могут объединяться в различные кластеры со сложной структурой. Такие кластеры несут в себе большую энергию и информацию крайне высокой плотности. Из-за этого вода становится менее активной и процессы гидратации будут протекать медленнее при сравнении с обработанной водой [1, 4, 6].

При воздействии на воду внешними силами разрушается кластерная структура воды. Благодаря этому водородные связи освобождаются и процесс реакции воды с веществом ускоряется.

Воздействовать на воду можно как физическим, так и химическим путями. Технология обработки в низкотемпературной неравновесной плазме подразумевает под собой оба вида воздействия, что приводит к комплексному воздействию на обрабатываемое вещество [3].

Принцип действия заключается в пропускании воды сквозь лавинный поток электронов, образующихся в межэлектронном пространстве плазмотрона. Свободные электроны, появляющиеся в результате электрического пробоя, воздействуют на воду, разрушая кластерную структуру. За счёт этого образуются более мелкие объединения и свободные молекулы. Происходит модификация и, следственно, активизация воды.

Первое испытание – сравнение скорости смачивания бентонитовых глин обычной водой и модифицированной водой.

Наблюдение и фиксация результатов эксперимента показали, что гидратация глины обычной водой протекала в разы медленнее, чем модифицированной водой. Со временем результаты (количество прогидратированной глины) выровнялись.

Второе испытание – определение и сравнение предельного напряжения сдвига формовочных глиняных смесей, затворённых обычной и модифицированной водой.

На графике (рис. 1) видно, что оба образца резко набирают прочность. Затем образец, затворённый на модифицированной воде, не показывает изменений в то время, как образец, затворённый на обычной воде, продолжает набирать прочность.

Результаты анализа полученных экспериментальных данных показали, что при затворении сырья модифицированной водой, обработанной в низкотемпературной неравновесной плазме, имеют более высокую скорость смачивания и набухания, а также более высокую скорость набирания прочности глиняного теста.

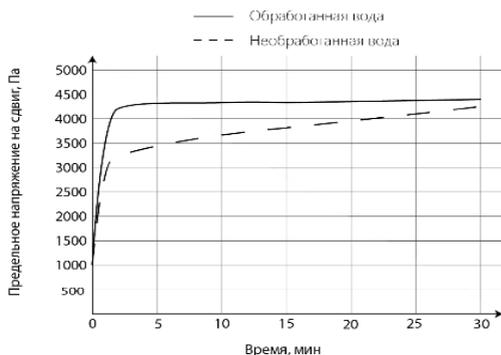


Рис. 2. Зависимость предельного напряжения на сдвиг (Па) от времени (мин)

Это даёт возможность ускорения технологических процессов при производстве керамических изделий, а также уменьшает количество брака при транспортировке отформованных изделий. Помимо этого, за счёт применения модифицированной воды появляется возможность использования нового стабильного сырья в 3D печати. Также благодаря использованию воды, обработанной в низкотемпературной неравновесной плазме, возможно улучшить экологическую обстановку за счёт снижения топливно-энергетических затрат на производство, а также непосредственно уменьшения количества используемой воды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Зенин С.В.* Структурированное состояние воды как основа управления поведением и безопасностью живых систем. [Текст]: дис. канд. биол. наук: 05.26.02: / Зенин Станислав Валентинович. -М., 1999. - 207 с.
2. *Антонченко В.Я.* Основы физики воды [Текст]: учебн. пособие / В.Я. Антонченко Н.С. Давыдов, В.В. Ильин. Киев: Наукова думка, 1991. - 667 с.
3. *Лебедев, Ю.А.* Введение в плазмохимию / Ю.А. Лебедев // Институт нефтехимического синтеза им А.В.Топчиева РАН.
4. *Григорьева Л.С.* Химия воды: Курс лекций. Ч. 1, Моск. Гос. Строит. Ун-т. М.: МГСУ, 2006. – 69 с.
5. *Макхамова Д.Н., Содикова Ш.А., Усманова З.Т.* Bentonитовая глина, её физико-химическая характеристика и применение в народном хозяйстве // *Universum: технические науки.* – 2019.
6. *Волков В.Н.* Структура, состав и свойства воды. - Ростов-на-Дону: Типографии Южного федерального университета. 2011. - 28 с.

Студентка 2 курса 31 группы ИПГС Савин В.В.

Студентка 2 курса 31 группы ИПГС Храпова А.Н.

Научный руководитель доц., канд.техн. наук, доц. А.Л. Шейн

ХИМИЯ – ОСНОВА СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Современное развитие строительной индустрии невозможно представить без применения продукции химической промышленности - новых конструкционных материалов, современных вяжущих материалов, пластмасс, отделочных и декоративных материалов, лаков и красок. Технологии производства строительных материалов основывается на химических и физико-химических процессах при синтезе строительных материалов.

Главной задачей химии во все времена было получение веществ с заданными свойствами и выявление способов управления свойствами вещества [1].

В технических науках, и, особенно в строительном материаловедении значение химии сложно переоценить. Грамотный инженер должен уметь применять законы кинетики и термодинамики к тепловым, массообменным, химическим процессам, фазовым переходам, которые совершаются при получении вяжущих материалов, стекла, керамики, композиционных материалов [2-3].

Физическая химия строительных материалов позволяет определить оптимальные условия ведения технологических процессов, предвидеть их результаты, научиться ими управлять и находить перспективу развития новых строительных материалов [3].

Инженер-строитель должен обладать достаточными знаниями в области неорганической химии для понимания химического и минерального состава материала. Знания в области органической химии необходимы для создания новых материалов на основе полимеров, разработки новых пластифицирующих и биоцидных добавок, добавок для повышения морозостойкости, ускорителей и замедлителей схватывания и твердения для неорганических вяжущих [4].

Многие вещества в строительной индустрии находятся в высокодисперсном состоянии, или переходят в него в результате дробления, измельчения или помола: это минеральные вяжущие, лакокрасочные материалы, представляющие собой эмульсии, суспензии и взвеси, поэтому специалист должен владеть знаниями в области коллоидной химии [5]. Изучение микроструктуры строительных материалов предполагает владение основами кристаллохимии и химии твердого тела [6]. В последние годы все больший упор в области строительного материаловедения делается на вычислительные отрасли

химии, которые с помощью математического аппарата и компьютерного моделирования позволяют предсказать возможность, состав и способы получения новых композиционных и наноматериалов с новыми уникальными характеристиками [7].

Строительные материалы на основе неорганических минеральных вяжущих применяются достаточно давно. К традиционным вяжущим материалам относятся портландцемент, глиноземистый цемент, гипс, воздушная известь, магнезиальные вяжущие, жидкое стекло и т.д. На современном этапе развития строительного материаловедения уделяется особое внимание модифицированию этих традиционных материалов с целью улучшения и придания им новых уникальных свойств [8].

Твердение цементного теста сопровождается сложными химическими и физико-химическими превращениями, включающими в себя реакции гидролиза и гидратации - процессами взаимодействия минералов цементного клинкера с водой с образованием кристаллогидратов. Возможность управления процессами гидролиза и гидратации совместно с применением химических добавок открывает возможности создания новых материалов на основе традиционных вяжущих материалов. Благодаря чему в зависимости от поставленной цели исследования достигаются повышение прочности, плотности или, наоборот, пористости цементного камня, улучшаются гидрофобность или бактерицидные свойства. Модифицирование способно расширить область применения традиционного бетона [9]. Стоит отметить необходимость поиска и синтеза новых модифицирующих добавок, которые одновременно с функциональными свойствами были бы экологичны, нетоксичны для человека, животных и, в целом, окружающей среды.

В строительстве зачастую приходится иметь дело с высокодисперсными материалами: это порошкообразные неорганические вяжущие материалы, лаки и краски представляют собой эмульсии и суспензии, которые необходимо стабилизировать добавлением эмульгаторов - поверхностно активных веществ, способных понижать поверхностное натяжение на границе раздела фаз, гидрофильность и гидрофобность поверхностей строительных материалов [10]. Также необходимо упомянуть явление адсорбционного понижения прочности при дроблении твердых тел, формирование коагуляционных и кристаллизационных структур при твердении цементного раствора [11]. Все эти явления и процессы изучает коллоидная химия и помогает создавать условия для регулирования структуры и свойств строительного материала.

Подводя итог вышеописанному, хотелось бы подтвердить, что химия является основой строительного материаловедения. Знания в этой области позволяют получать новые строительные материалы с регулируемой структурой и свойствами, что отражается на долговечности конструкций объектов промышленного и гражданского назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Самченко С.В., Кривобородов Ю.Р.* Роль химии в строительном материаловедении. // *Техника и технология силикатов.* 2022. Т. 29. №3. С. 200–216.

2. *Лотов В.А., Саркисов Ю.С., Горленко Н.П., Зубкова О.А.* Термокинетические исследования в системе "цемент-микрокремнезем-суперпластификатор-вода" // *Техника и технология силикатов.* 2021. Т. 28. № 2. С. 42-49.

3. *Хеирбеков Р.А., Самченко С.В.* Некоторые физико-химические аспекты формирования структуры композиционного шлакосиликатного поризованного арболитового материала // *Техника и технология силикатов.* 2022. Т. 29. № 4. С. 379-390.

4. *Василик П.Г., Бурьянов А.Ф., Самченко С.В.* Сравнение адсорбционного поведения пластификаторов разных типов // *Техника и технология силикатов.* 2022. Т. 29. № 3. С. 261-273.

5. *Kozlova, I., Samchenko, S., Zemskova O.* Physico-Chemical Substantiation of Obtaining an Effective Cement Composite with Ultrafine GGBS Admixture, *Buildings* 2023, 13(4), 925. DOI: 10.3390/buildings13040925.

6. *Аксенов С.М., Дейнеко Д.В.* Кристаллохимия и дизайн новых материалов с минералоподобными структурами: взаимосвязь структурных особенностей с физическими свойствами // *Вестник Кольского научного центра РАН.* 2022. Т. 14. № 2. С. 7-16.

7. *Федосов С.В., Александрова О.В., Нгуен Д.В.К., Федосеев В.Н., Логинова С.А.* Физико-математическое обоснование теоретических и инженерных изысканий по разработке коррозионностойких материалов для заглублённых сооружений прибрежных зон // *Техника и технология силикатов.* 2022. Т. 29. № 1. С. 45-54.

8. *Ткач Е.В., Кориунов А.В., Темирканов Р.И.* Комплексное исследование модифицированного бетона на основе активированного микрокремнезема // *Техника и технология силикатов.* 2021. Т. 28. № 3. С. 117-126.

9. *Лотов В.А.* Движущая сила процессов гидратации и твердения цемента // *Техника и технология силикатов.* 2011. Т. 18. № 4. С. 23-27.

10. *Гувалов А.А.* Управление структурообразованием цементных систем с полифункциональными суперпластификаторами // *Техника и технология силикатов.* 2011. Т. 18. № 3. С. 24-27.

11. *Самченко С.В., Османов А.Б., Абрамов М.А.* Активация кварцевого песка в дезинтеграторной установке // *Техника и технология силикатов.* 2023. Т. 30. № 4. С. 316-327.

Студент 1 курса 32 группы ИПГС Савченков Е.О.,

Студентка 1 курса 32 группы ИПГС Пескова М.В.

Научный руководитель – преп. каф.СМ Швецова В.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛАСТИФИКАТОРОВ НА ПРОЧНОСТЬ СМЕШАННОГО ВЯЖУЩЕГО

Актуальность:

Сухая строительная смесь (ССС) – это многокомпонентные составы, содержащие в себе вяжущие вещества, песок, выполняющий функцию наполнителя, а также различные добавки. В цементную ССС добавляется определённое количество воды для получения бетонной смеси. Роль добавки в цементной ССС служат пластификаторы, повышающие уровень адгезии, пластичности и снижающие уровень содержания воды в бетонной смеси, что увеличивает стойкость к воздействию мороза и влаги [1-3]. Также пластификаторы влияют на прочностные свойства бетона [4].

Применение смешанного вяжущего, состоящего из портландцемента и глиноземистого цемента, взятых в пропорции 10/90 масс.ч., позволяет значительно увеличить тепловыделение бетонной смеси в первые часы твердения, что позволит использовать полученные результаты при проектировании зимних составов бетона [5].

Целью работы было определить влияние современных поликарбоксилатных пластификаторов на свойства смешанного вяжущего.

Задачи исследования:

1. Определить нормальную густоту смешанного вяжущего с соотношением глиноземистый цемент : портландцемент=10/90;
2. Определить сроки схватывания смешанного вяжущего;
3. Определить сроки схватывания смешанного вяжущего с пластификаторами Sika 226 P и Master Glenium 115 (MG 115);
4. Определить прочность образцов-кубиков из цементного теста на 1, 3, 5 сутки.

Материалы и методы:

Для изготовления вяжущей композиции были использованы следующие типы цементов:

- портландцемент ЦЕМ I 52,5Н от производителя Akkermann, Россия (ПЦ);
- глиноземистый цемент SRB400 от производителя Kerneos, Франция (ГЦ).

Количество глиноземистого цемента составляет 10% от массы вяжущей композиции. Водовязущее отношение равнялось 32,2% (нормальная густота смешанного вяжущего).

Используемые пластификаторы:

- Sika 226 P (в виде порошка);

- Master Glenium 115 (BASF) (в жидком виде).

Нормальная густота, сроки схватывания, прочность смешанного вяжущего определялись в соответствии с ГОСТ 30744-2001. Эксперименты были выполнены в лаборатории кафедры Строительного материаловедения НИУ МГСУ.

Полученные результаты представлены на рисунках 1,2.

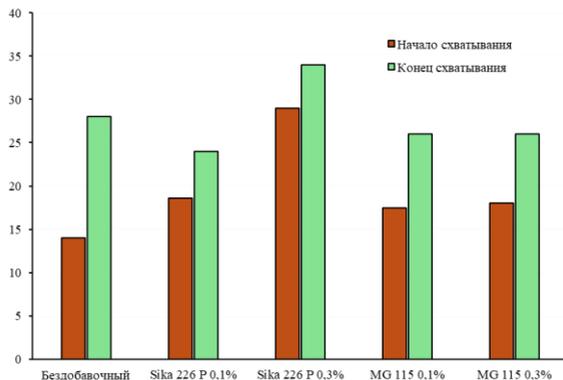


Рис.1. Сроки начала и конца схватывания цементного теста

Для определения предела прочности при сжатии из цементного теста были изготовлены образцы-кубики $2 \times 2 \times 2$ см. Образцы до испытания хранились в воде при комнатной температуре 20 ± 2 °С. Испытания были проведены на 1, 3 и 5 сутки твердения.

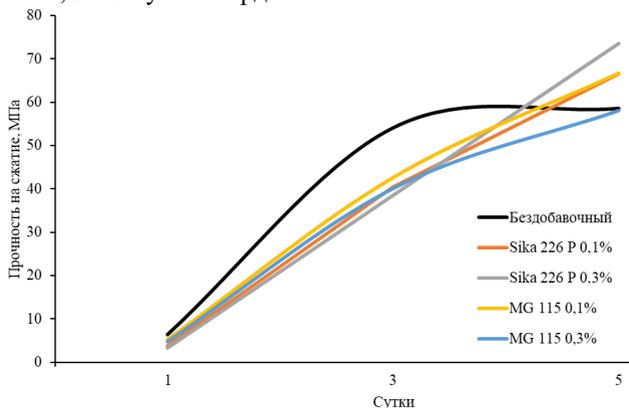


Рис. 2. Зависимость прочности цементного камня от времени

Результаты исследования:

В результате проведённой работы, были установлено, что прочность цементного камня, изготовленного из смешанного вяжущего без

пластификаторов, ниже на 1 и 3 сутки твердения, таким образом пластификаторы замедляют гидратацию вяжущего.

Пластификатор Sika 226 P значительно увеличивает начало схватывания (при добавлении в количестве 0,1 и 0,3% на 32,9% и 107,1% соответственно) и конец схватывания смешанного вяжущего (при добавлении в количестве 0,1% конец схватывания уменьшается на 14,3%, при 0,3% - увеличивается на 21,4% соответственно).

При добавлении пластификатора Master Glenium 115 в количестве 0,1% начало схватывания увеличивается на 25%, конец схватывания уменьшился – на 7,1%.

При добавлении пластификатора в количестве 0,3% начало схватывания увеличивается на 28,6%, конец схватывания уменьшился – на 7,1%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Нгуен З.Т.Л., Швецова В.А., Самченко С.В.* Влияние комплексных добавок на основе глиноземистого цемента и трепела на свойства портландцемента // *Строительные материалы*. 2023. 4. С. 65–72. DOI: 10.31659/0585-430X-2023-812-4-65-72.

2. *Кривобородов Ю.Р., Бойко А.А.* Влияние минеральных добавок на гидратацию глиноземистого цемента // *Техника и технология силикатов*. 2011. 8. 4. С. 12-15.

3. *Нгуен З.Т.Л., Самченко С.В.* Комплексный модификатор на основе алюминатного цемента и пуццолановой добавки // *Вестник МГСУ*. 2023. С. 709-716. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.5.709-716.

4. *Плотников В.В., Кривобородов Ю.Р., Болтунов А.В.* Вяжущее на основе глиноземистого цемента и активных минеральных добавок для общестроительных целей // *Современные проекты, технологии и материалы для строительного, дорожного комплексов и жилищно-коммунального хозяйства: Матер. 2-3 Междунар. науч.-практ. конф.* - 2005. - С. 39-43.

5. *Соловьев В.Г., Швецова В.А., Нгуен З.Т.Л.* Исследование свойств смешанного вяжущего на основе портландцемента // *Техника и технология силикатов*. 2022. 29(4). С. 369-378.

Студент 3 курса 32 группы ИПГС Сенюшкин Д.С.

Студент 3 курса 32 группы ИПГС Сергеев М.А.

Научный руководитель: ст .преп. каф.СМ М.О. Дударева

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ТИТАНАТА ВИСМУТА ДЛЯ ЦЕМЕНТНЫХ СОСТАВОВ

В настоящее время актуальной задачей является поиск добавок, придающие новые свойства строительным материалам. В качестве такой добавки можно рассмотреть титанат висмута, которая наделяет композит биоцидными и фотокаталитическими свойствами [1]. Авторами в работах [2-3] показано получение добавки титаната висмута двумя способами: по твердофазной и цитратной технологии.

Расчет себестоимости материалов на производство титаната висмута в лабораторных условиях по двум технологиям представлен в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Расход и себестоимость материалов на производство 20 г добавки титаната висмута, полученной по твердофазной технологии

Материал	Ед.изм.	Норма расхода на 20 г добавки	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Bi_2O_3	кг	0,0042	5000	21,00
TiO_2	кг	0,016	2000	31,60
Затраты на электроэнергию	кВт*ч	33,13	5,15123	170,63
Итого				223,23

Анализ экономической эффективности показал, что себестоимость 20 г добавки титаната висмута, синтезированного по цитратной технологии составляет 115 руб., по твердофазной технологии – 223 руб. Полученные результаты свидетельствуют о том, что синтез добавки по цитратной технологии является более эффективным. В связи с чем для модифицирования цемента, а затем бетонной смеси будет применяться титанат висмута, синтезированный именно по данной технологии.

Полученную добавку вводили в виде стабилизированной суспензии в состав бетонной смеси и рассчитывали ее себестоимость с последующим сравнением с бетонной смесью, приготовленной в заводских условиях (табл. 3 и 4).

Таблица 2

Расход и себестоимость материалов на производство 20 г добавки титаната висмута, полученной по цитратной технологии

Материал	Ед.изм.	Норма расхода на 20 г добавки	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Bi ₂ O ₃	кг	0,011	5000	55,00
TiCl ₄	л	0,01	2500	25,00
Лимонная кислота	кг	0,045	450	20,25
Соляная кислота	л	0,025	272,5	6,82
Вода дистиллированная	л	0,025	195	4,88
Затраты на электроэнергию	кВт*ч	0,58	5,15123	2,99
Итого				114,94

Расчет показал, что себестоимость материалов возросла незначительно, но при этом полученный бетон с добавкой титаната висмута обладает повышенной прочностью, грибостойкостью и фотокаталитической активностью, как описано в работах [4-5].

Таблица 3

Расход и себестоимость материалов на 1 м³ бетонной смеси, предлагаемой к внедрению

Материал	Ед.изм.	Норма расхода на 1 м ³	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Цемент ПЦ 500 Д0	т	0,53	7400	3922
Песок	т	0,65	450	292,5
Щебень	т	1,12	1465	1640,8
Суспензия титаната висмута: Добавка титаната висмута	кг	0,027	5747	155,2
Вода	м ³	0,169	12,33	2,08
Sika	кг	0,001	395	0,41
Итого:				157,69
Итого				6014,99

Расход и себестоимость материалов на 1 м³ бетонной смеси,
применяемой в заводских условиях

Материал	Ед.изм.	Норма расхода на 1 м ³	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Цемент ПЦ 500 Д0	т	0,53	7400	3922
Песок	т	0,65	450	292,5
Щебень	т	1,12	1465	1640,8
Вода	м ³	0,169	12,33	2,08
ЛСТ	кг	1,06	54	57,24
Итого				5914,62

Подводя итог, можно сказать следующее: расчет экономической эффективности позволил считать, что добавка титаната висмута может быть использована при получении самоочищающегося и устойчивого к разным видам грибов бетона, а также применяться в приготовлении ремонтного состава, самоочищающейся и цветной штукатурок. Это расширяет номенклатуру строительных материалов, востребованных на строительном рынке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Козлова И.В., Дударева М.О.* Перспективная добавка на основе системы $TiO_2-Bi_2O_3$ для цементных композитов // Строительные материалы. 2023. №11. С.100-103.
2. *Козлова И.В., Земскова О.В., Самченко С.В., Дударева М.О.* Варианты синтеза фотокаталитически активной добавки для цементных систем // Техника и технология силикатов. 2023. Т.30, № 3. С. 206-216.
3. *Samchenko S.V., Kozlova I.V., Korshunov A.V., Zemskova O.V., Dudareva M.O.* Synthesis and Evaluation of Properties of an Additive Based on Bismuth Titanates for Cement Systems. Materials, 2023. Vol. 16(18). № 6262. <https://doi.org/10.3390/ma16186262>.
4. *Samchenko S., Kozlova I., Zemskova O., Dudareva M., Lekanov N.* Promising bismuth titanate-based admixture for cement compositions // AIP Conference Proceedings, 2023. Vol. 2791. № 020003.
5. *Козлова И.В., Земскова О.В., Дударева М.О.* Перовскитоподобные оксиды как структурирующие нанодобавки к цементным системам // Перспективы науки, 2020. №12 (135). С. 120-123.

Студент 1 курса 31 группы ИПГС Шукшин Ф. Б.

Студент 1 курса 31 группы ИПГС Бобин К. Д.

Научный руководитель – доц. каф.СМ, канд. техн. наук, доц. И.В. Козлова

ВТОРИЧНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

На современном этапе существования человечества большими темпами развиваются различные технологии и производства, которые требуют большие затраты минерально-сырьевых и энергетических ресурсов нашей Планеты. Масштабы жизнедеятельности людей, способные влиять на экологию, сопоставимы с геологическими процессами, которые одновременно могут разрушать и воссоздавать горные породы. Очень много бытовых и промышленных отходов просто складываются на свалках, в хранилищах и на полигонах. Для улучшения экологической обстановки лучшим решением данной проблемы является использование отходов в качестве вторичных ресурсов в производстве строительных материалов. В работах [1-3] отмечены следующие положительные аспекты применения отходов в строительной отрасли:

- обеспечение строительного производства богатым источником дешевого и уже подготовленного для использования сырья;
- экономия капитальных вложений, предназначенных для строительства предприятий, добывающих и перерабатывающих сырье, и повышение уровня их рентабельности;
- высвобождение значительных площадей земельных угодий и снижение степени загрязнения окружающей среды.

Ресурсосбережение в строительной отрасли развивается в настоящее время по следующим направлениям [4-5]:

- замена природного сырья промышленными отходами, что способствует экономии природных минерально-сырьевых ресурсов и ликвидации промышленных свалок;
- повышение эксплуатационных характеристик строительных материалов и изделий на их основе;
- обеспечение долговечности строительных конструкций, что позволяет повысить их срок эксплуатации и понизить затраты на ремонтно-восстановительные работы.

Основными видами отходов, которые используются в производстве строительных материалов, в качестве вторичных ресурсов являются зола-унос, металлургические шлаки, пиритные огарки, горючие отходы и т.д.

Угольные электростанции вырабатывают электроэнергию за счет сжигания пылевидного угля, в результате чего образуется опасный

побочный продукт, известный как зола-унос. Этот отход нашел широкое применение в производстве строительных материалов. Он является одновременно сырьевым и ресурсосберегающим компонентом при получении цемента, мелким заполнителем, а также вяжущим материалом в составе бетона. Зола-унос позволяет улучшить ряд эксплуатационных свойств: повысить прочность, коррозионную стойкость, непроницаемость, морозостойкость, уменьшить трещиностойкость, повысить теплоизоляцию [6]. В металлургическом производстве в результате сгорания топлива, углей и прочих присадок образуется шлак. Он используется в производстве цемента в качестве корректирующей добавки, шлакобетона, пемзы шлаковой, минеральной ваты и прочих утеплителей [7-8]. Гранулированный шлак образуется в момент быстрого снижения температуры при охлаждении раскаленного шлака в доменной печи и конвекторе. Такой материал добавляется в цемент в виде активной минеральной добавки и позволяет повысить коррозионную устойчивость, влагостойкость, атмосферостойкость [9].

Пиритные огарки являются продуктом обжига пиритового концентрата при производстве серной кислоты. Они используются в качестве корректирующего компонента сырьевой смеси при производстве цемента, позволяющие внести состав смеси до 70% оксид железа (III) [10]. В качестве альтернативного топлива на цементных заводах используется широкий перечень горючих отходов: остатки ТКО, резина, многосоставная упаковка, отработанные шины и масла, сточные воды химической промышленности, шламы сточных вод и нефтепродуктов, растворители, краски, загрязненные почвы, биомасса, жир и т.д. [11].

Исходя из вышеописанного следует, что строительная отрасль позволяет не только возводить промышленные и гражданские объекты, но и делать нашу Планету экологически чистой, благодаря использованию промышленных и бытовых отходов в качестве вторичных ресурсов при производстве строительных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Потаев Д.В.* Экологические аспекты применения отходов в строительной отрасли // В сборнике: Студенческая наука: современные реалии. Сборник материалов VII Международной студенческой научно-практической конференции. 2019. С. 55-57.

2. *Копаница Н.О., Демьяненко О.В., Куликова А.А., Ткач Е.В., Шестаков Н.И., Степина И.В.* Вторичные ресурсы в производстве композиционных строительных материалов на основе цемента // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2023. Т. 334. № 10. С. 49-60.

3. *Рахимов Р.З.* Химическая промышленность, экология и минеральные вяжущие вещества // *Техника и технология силикатов.* 2022. Т. 29. №2. С. 104–111.
4. *Рисова Е.А.* Управление ресурсосбережением в аспекте экологизации на примере строительной отрасли // В сборнике: *Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы.* Материалы II Международной научно-практической конференции. 2015. С. 13-15.
5. *Хамдан Д.Р.* Ресурсосбережение в строительной отрасли в концепции циркулярной экономики // В сборнике: *Цифровые трансформации в развитии экономики и общества.* Материалы XVIII Международной научно-практической конференции. Воронеж. 2021. С. 495-499.
6. *Нгуен Д.В.К., Александрова О.В., Булгаков Б.И., Коровяков В.Ф., Каддо М.Б.* Влияние золы-уноса в многокомпонентном вяжущем на прочность бетонов // *Техника и технология силикатов.* 2021. Т. 28. № 3. С. 110-116.
7. *Демина М.О., Семенихина А.А., Доценко Н.А.* Применение металлургических шлаков в строительной отрасли РФ // В сборнике: *Междисциплинарность науки как фактор инновационного развития.* сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. 2017. С. 192-193.
8. *Хеирбеков Р.А., Самченко С.В.* Некоторые физико-химические аспекты формирования структуры композиционного шлакосиликатного поризованного арболитового материала // *Техника и технология силикатов.* 2022. Т. 29. № 4. С. 379-390.
9. *Хайдаров Б.Б., Суворов Д.С., Колесников Е.А., Мазов И.Н., Кузнецов Д.В., Лысов Д.В., Горчаков В.В.* Применение доменных гранулированных шлаков для создания минеральных вяжущих и бетонов // В сборнике: *Научно-технический прогресс в черной металлургии.* Материалы IV Международной научной конференции. 2019. С. 217-221.
10. *Бурахта В.А., Джубаналиева А.М.* Разработка технологии производства вяжущего материала с применением отходов промышленности // В сборнике: *Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии.* сборник статей. Самара. 2019. С. 97-102.
11. *Бочкарев Н.П.* Ресурсосбережение в процессе производства цемента путем сжигания горючей части ТКО на примере республики Мордовия // В сборнике: *Синтез науки и образования в решении экологических проблем современности.* материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой Всемирному дню охраны окружающей среды. Воронеж. 2022. С. 217-223.

СЕКЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СИСТЕМ

Студентка 1 курса 31 группы ИПГС Воронкова Е. П.

Студентка 1 курса 31 группы ИПГС Коваленко М. Е.

Научный руководитель – преп. каф.СМ Н. З. Агафонова

СТЕКЛЯННЫЕ БЛОКИ ФАЛЬКОНЬЕ. ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.

Стеклянные блоки «Фальконье» были изобретены швейцарским инженером Гюставом Фальконье (1845–1913) (рис.1) в 1880-е годы. Сегодня, в XXI веке их, возможно, правильнее называть стеклоблоками, однако в свое время, они назывались именно стеклянными кирпичами.



Рис. 1. Гюстав Фальконье (1845–1913)

Гюстав Фальконье запатентовал полые стеклоблоки в 1886 году. Они представляли собой полые герметичные рельефные шестиугольные кирпичи, которые изготавливались методом выдувания стекла в форму и запаивания его при высокой температуре. Их собирали в кладку по принципу пчелиных сот. В 1893 году Фальконье представил свое изобретение на Всемирной выставке в Чикаго. Он построил из стеклянных кирпичей беседки и оранжереи — и получил диплом выставки (рис.2). Именно после этой выставки фальконье получили распространение по всей Европе и Российской империи [1].



Рис. 2. Уличные павильоны Гюстава Фальконье на Всемирной выставке в Чикаго, 1893

Блоки производили разных форм и цветов, иногда с рельефом на поверхности (рис. 3). На каждом блоке было клеймо «Falconnier».

Многие архитекторы XX века оценили достоинства этого материала. Малый вес, хорошая теплоизоляция, прочность и в тоже время эстетическая привлекательность дали возможность использовать фальконье в различных конструкциях зданий. Такой тип остекления не боится ни огня, ни влаги, отлично моется и, главное – пропускает свет.

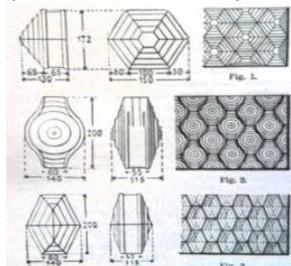


Рис. 3. Три типа стеклоблоков Фальконье и варианты их укладки.

Стеклоблочные Фальконье на протяжении XX века можно было встретить в зданиях самого разного назначения: от театров до больниц, от особняков до доходных домов, от зданий промышленного назначения до архивов. Стекла «Фальконье» можно встретить на фасадах и в интерьерах, в окнах и перегородках, в оформлении входных групп и декоративных панно, в эркерах и сводах.

На сегодня стеклоблочные кирпичи можно встретить в таких городах как Москва, Петербург, Самара, Саратов, Нижнем Новгород. Сохранилось множество жилых и общественных зданий, в архитектуре которых были использованы стеклоблоки Фальконье. Например, Бутырское трамвайное депо в Москве (рис. 4а), Крестовоздвиженская церковь в Хвалынске (Саратовская область) (рис. 4б), дом фирмы Фаберже на Большой Морской в Санкт-Петербурге (рис. 4в) [2-3].



Рис. 4. Использование стеклоблоков Фальконье различных в сооружениях: а) Бутырское трамвайное депо г. Москва;

б) Храм Воздвижения Честного и Животворящего Креста Господня г. Хвалынск; в) Окно в доме компании Фаберже г. Санкт-Петербург.

Патенты на производство фальконье покупали разные страны мира. Многие известные архитекторы использовали стеклянные кирпичи в проектах домов. Разных цветов и форм, стеклоблоки отлично вписывались интерьер. Однако в 1913 году Гюстав Фальконье умер, и патент приостановили, но, тем не менее, кирпичи производили, где-то до 1930-х, после чего их вытеснили стеклоблоки, более дешевые и простые в производстве [4-6].

В последние годы люди всё чаще и чаще вспоминают стеклоблоки фальконье: изучают старые образцы, восстанавливают производства. За более ста лет многие постройки, в которых были установлены стекла Фальконье, утратили былой вид, часть стеклоблоков была разбита и утеряна.

В 2021 году экспериментальное производство NWGlass.lab в сотрудничестве с Музеем архитектуры успешно восстановило технологию изготовления стеклянного кирпича фальконье. В рамках масштабного выставочного проекта Музей архитектуры заказал более тысячи изделий разных формы и цветов, что стимулировало научные разработки и производственные опыты специалистов NWGlass.lab. Благодаря их усилиям новые изделия максимально соответствуют историческим образцам, что открыло путь к последующей реставрации исторических зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Потапов К. Н., Каддо М. Б.* Строительные материалы и изделия. М.: Альянс. 2017. 440 с.
2. *Воронцов В. М., Немец И. И.* Стекло и керамика в архитектуре. – Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2010. 106 с.
3. *De Vis K., Jacobs P., Caen J., Janssens K.* The use of glass bricks in architecture in the 19th and 20th centuries: a case study. Conference: ICOM. New York. 2010. p. 194-201.
4. *Соловьев С. П., Динеева Ю. М.* Стекло в архитектуре. М: Стройиздат. 1981. 191 с.
5. *Кистанова А.К., Андреев Н.А.* Фальконье. Архитектура света. Кучково поле Музеон. 2023. 176с.
6. *Мастеренков А.* Время и стекло: кирпичи Фальконье: технология как искусство // Строительная газета. 2023. 28(3).

*Студенты 2 курса 32 группы ИПГС Горбунова Е.Э., Малькова С.Р.
Научный руководитель доц каф.СМ., канд.техн. наук, доц.
И.В. Козлова*

ТЕХНИКИ ВИТРАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ИНТЕРЬЕРА

Современный интерьер требует различных решений в области эстетики и функциональности. Различные стили и течения, а также их сочетание в дизайне позволяют удовлетворить самых требовательных и искушенных заказчиков.

Большой востребованностью среди дизайнерских решений при выборе стилей от хайтека до классики и даже готики и барокко в отделке интерьеров выступают настенные и потолочные вставки из витражей (рис 1). Они придают легкость и воздушность интерьеру, а также могут и расширить пространство помещения или его сделать неповторимым.

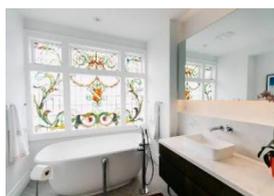
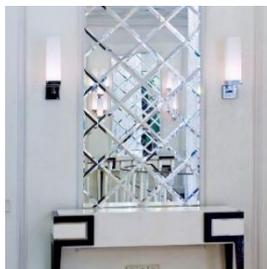


Рис. 1 Примеры использования витражей в интерьере

Теперь рассмотрим, какие же техники витражного производства могут быть использованы в интерьере. На сегодняшний день можно выделить несколько основных техник создания витража: фацет, классический, фьюзинг, пескоструйный, витражи Тиффани и имитация классических витражей.

Фацет представляет собой декоративный скос на лицевой поверхности зеркала или стекла (рис.2а). Его наносят по всему периметру краев, под разным углом и разной ширины [1]. Вставки из стекла или зеркал с фацетом позволяют расширить пространство

комнаты. Очень актуальное решение в малых пространствах. Фацет придает изделию законченный вид, выразительность и блеск.



а)



б)

в)



г)



д)



е)



ж)

Рис. 2 Варианты техник витражного производства

Классический витраж - это художественная мозаика из цветных стекол, которые вырезаются по определенному эскизу и скрепляются между собой медным, латунным или свинцовым профилем методом пайки. Декоративная вставка обрамляется металлическим каркасом [2]. Такой витраж придает интерьеру величественность и уникальность. Может быть использован для декорирования потолка (рис.2б), окон, дверей, а также использоваться как отдельные вставки в нишах.

Фьюзинг представляет собой способ спекания цветного стекла в печи при температуре 800 °С. Стекло после отжига становится однородным, происходит сплавление одних стеклянных элементов в другие. В таком витраже отсутствуют металлические соединения между стёклами [3]. Для фьюзинга необходимо применять специальное, предназначенное для термической обработки стекло. После закалки напряжения распределяются по всей поверхности стекла равномерно, что исключает его помутнение и обесцвечивание. Фьюзинговые витражи и изделия весьма популярны в дизайнерских решениях интерьеров (рис. 2 в-г).

Пескоструйная техника заключается в нанесении рисунка на поверхность стекла с помощью сжатого воздуха и абразива. Витражи, выполненные в данной технике, выглядят как морозный узор на стекле и больше подходят для классических или минималистических интерьеров (рис. 2 д) [4].

Техника Тиффани представляют собой сборку витража из обточенных стеклянных цветных деталей по эскизу с последующим оборачиванием в медную фольгу и скреплением с помощью пайки [5]. Витражи, выполненные в технике Тиффани, широко применяют для создания изящных и даже ювелирных витражных композиций (рис. 2 е).

«Фальшь-витраж», или пленочный, олицетворяет собой монолит из стекла, часть которого покрыта специальной витражной пленкой любых цветов и оттенков, а также разной степени прозрачности [6]. Технология весьма проста и дешева, поэтому часто используется в качестве доступной альтернативы классическому витражу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шевчугов В.О., Шальков В.В.* Разработка параметрической модели фронтальной сети формообразующей структуры рефлектора с трапецеидальной формой facets // Решетневские чтения. 2018. Т. 1. С. 185-187.
2. *Гузенко Н.В., Лодочникова А.С.* История развития витражного искусства // Наука, образование и культура. 2020. № 2 (46). С. 55-58.
3. *Свиницкая В.С.* Фьюзинг: технология и искусство // Моя профессиональная карьера. 2021. Т. 1. № 26. С. 84-88.
4. *Мирзаева И.М.* Пескоструйная обработка стекла // В сборнике: Проектирование и научное исследование в дизайн-образовании. Сборник статей XIV Международной научно-практической конференции молодых ученых, преподавателей и студентов. Под ред. Э.Г. Ахметшиной. 2017. С. 120-121.
5. *Мухнурова И.Г., Пьянова К.С.* Техника выполнения витража тиффани и его применение в дизайне // В сборнике: Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. Материалы Международной научно-практической конференции. Редколлегия: О.Е. Сысоев (отв. ред.) [и др.]. Комсомольск-на-Амуре, 2022. С. 76-78.
6. *Кирюшина Ю.В., Халдеева В.С.* Витражные техники в мастерских Барнаула // Культурное наследие Сибири. 2014. № 16. С. 80-85.

Студентка 1 курса 31 группы ИПГС Груздева Т. М.

Студентка 1 курса 31 группы ИПГС Дубровина С. С.

*Студентка магистратуры 2 года обучения 31 группы ИПГС
Владельщикова Д. А.*

Научный руководитель – доц. каф.СМ, канд. техн. наук М.Б. Кадоо

СМЕСИ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ПОЛОВ

В производственных зданиях, где полы подвергаются интенсивным истирающим воздействиям, применение разного рода листовых покрытий нецелесообразно из-за быстрого их разрушения по стыкам.

Поэтому, как правило, используются бетонные полы, укладка которых сопряжена с определенными трудностями. Усадочные деформации, неизбежные при испарении воды с твердеющей поверхности, не позволяют бетонировать сразу большие площади. Работа идет небольшими «картами» с устройством специальных деформационных швов.

В смесях для стяжек в качестве вяжущего, как правило, применяют портландцемент и гипс, а для лицевых покрытий – портландцемент или глиноземистый цемент. Очень эффективны безусадочные сухие смеси. Безусадочные смеси можно получить на основе, например, гипсовых и магнезиальных вяжущих, а также применяя расширяющиеся цементы и вяжущие с компенсированной усадкой [1-3].

Для увеличения прочности бетона на растяжение и изгиб, а также для повышения трещиностойкости целесообразно введение в бетонные и растворные смеси волокнистых добавок, которые должны быть гомогенно распределены по объему.

В настоящее время используются следующие типы волокон: стальные, базальтовые, полимерные и натуральные, например, целлюлозные.

В качестве металлической фибры применяют специально подготовленные короткие волокна из стальной проволоки длиной 25...60 мм (диаметр 0,7...1,2 мм).

Для наилучшего сцепления с цементным камнем волокну придают изогнутую или волнистую форму, а поверхность волокна должна быть шероховатой.

Для получения минеральных волокон, иногда говорят каменных волокон, используют легкоплавкие горные породы, в частности, базальт.

Прочность на растяжение волокон из базальта может достигать 100 МПа (при средней толщине волокна 10 мкм), а модуль упругости равен примерно 10 000 кг/мм², что выше прочности прутковой арматуры.

Помимо использования в качестве дисперсного армирования базальтовые волокна применяют для изготовления сеток, получаемых из нескольких скрученных между собой волокон.

Рекомендуется использовать дисперсное армирование и применять базальтовые волокна при изготовлении конструкций с большой площадью поверхности, с которой происходит интенсивное испарение влаги и возможно появление трещин (растрескивание). К таким конструкциям можно отнести все тонкостенные конструкции, в том числе монолитные покрытия полов. Эффективно применение смесей с содержанием волокнистой фибры при ремонте железобетонных конструкций.

По разным данным бетон армированной минеральной фиброй на основе базальта имеет прочность в 2...5 большую, чем неармированный. Повышение прочности на изгиб способствует увеличению трещиностойкости и стойкости против истирания, что необходимо для покрытий полов.

Для получения полимерных волокон применяют все основные полимеры, такие как полиэтилен, полипропилен, полиамиды и полиэфир.

Полипропиленовые волокна имеют низкий модуль упругости, (в четыре раза меньше модуля упругости затвердевшего цементного камня), а значит, не могут воспринять статические усилия.

Однако введение полимерных волокон обеспечивает высокую поверхностную прочность изделий на изгиб и растяжение, что способствует сохранению внешнего вида изделий.

При необходимости использования стекловолокнистого армирования необходимо использовать специальное щелочестойкое стекло. Прочность такого волокна диаметром до 15 мкм может достигать двух тысяч МПа.

Для повышения, прежде всего, трещиностойкости и увеличения прочности на растяжение и изгиб целесообразно введение в сухие строительные смеси для полов волокнистых добавок.

Свойства различных волокон [4-8] приведены ниже (табл. 1).

Таблица 1

Показатель	Характеристики различных волокон			
	Металлические волокна (сталь)	Минеральные волокна (стекло)	Минеральные волокна (базальт)	Полимерные волокна
Прочность на растяжение, МПа	600-1500	1500-3500	3300	150-600

Диаметр волокна	0,5-1,2 мм	13-15 мкм	13-17 мкм	10-25 мкм
Длина волокна, мм	30-50	4,5-18	3,2-15,7	6-18
Модуль упругости, Гпа	190	75	Не менее 75	35
Коэффициен т удлинения, %	3-4	4,5	3,2	20- 150
Стойкость к щелочам	Низкая	Низкая	Высокая	Высо кая
Плотность, г/см ³	7,8	2,6	2,6	0,91

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Kaddo M.B., Синотова М.В., Федорова Э.А.* Безусадочные композиции для покрытий полов // Перспективы науки. 2018. № 2, с.46.
2. *Попов К.Н.* Теоретические основы получения самовыравнивающихся безусадочных полимерцементных композиций для покрытий полов / К.Н. Попов, М.Б. Каддо, А.А. Попов // Конструкции из композиционных материалов. – 2006. – № 2
3. *M. Kaddo.* Dry mixtures based on aluminate cements for self-leveling floors // MATEC Web Conf..Volume: 6, issue: 2017, page: 106.
4. Соловьёв В.Г., Шувалова Е.А. Эффективность применения различных видов фибры в бетонах // МНИЖ. 2017. №9-3 (63).
5. *Juhász K. Schaul P.* Parametric numerical study on jointless macro synthetic fiber reinforced concrete industrial floors // FRC2023: Fiber Reinforced Concrete: from Design to Structural Applications Joint ACI-fib-RILEM International Workshop. 2023.
6. *Alsharie H.* Applications and Prospects of Fiber Reinforced Concrete in Industrial Floors // Open Journal of Civil Engineering. 2015. 05. p. 185-189. DOI: 10.4236/ojce.2015.52018.
7. *Radik M., Erdogmus E., Schafer T.* Strengthening Two-Way Reinforced Concrete Floor Slabs Using Polypropylene Fiber Reinforcement // Journal of Materials in Civil Engineering. 2011. 23. p. 562-571. DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000206.
8. *Zhao L., Chen G., Huang C.* Experimental investigation on the flexural behavior of concrete reinforced by various types of steel fibers // Frontiers in Materials. 2023. DOI:10. 10.3389/fmats.2023.1301647.

*Студентка 3 курса 32 группы ИПГС **Большова Н.А.***

*Студентка 3 курса 32 группы ИПГС **Дробкова Д.Р.***

*Научный руководитель - доц. каф. СМ, канд. техн. наук, доц. **Е.М. Макаров***

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В современном мире наблюдаются тенденции уменьшения негативного влияния процесса урбанизации на окружающую среду. Ресурсосберегающие технологии являются одним из таких способов. Они позволяют сократить расходы на материалы и энергию, а также снизить воздействие на природу [1].

Преимуществами данного решения являются:

- Снижение стоимости проектирования и строительства благодаря оптимальному использованию материалов и энергии.
- Улучшение экологической безопасности и устойчивости окружающей среды путём минимизации выбросов и воды.
- Увеличение капитальной ценности построек.

К недостаткам относятся:

- Возможные сложности в интеграции различных технологических решений и их совместимости.
- Низкий уровень освоения и знакомства с новой технологией среди специалистов и общественности [2].

Рассмотрим примеры применения данной технологии.

Уже более 6 лет в Институте геологии ДНЦ РАН ведутся научные исследования, по результатам которых разработаны новые проекты. Так, результаты показали, что глинистые сланцы возможно применять для изготовления вяжущих веществ, получаемой по энергосберегающей технологии. Из глинистых сланцев разработан дегидратированный (200°C) и низкообжиговый (500-700°C) многофункциональный керамический наполнитель, на основе которого получены:

- керамзитовый песок (теплоизоляционный материал) (рис. 1);
- безклинкерное известково-пуццолановое вяжущее марки 200;
- портландцемент марки 400-500;
- вяжущее низкой водопотребности марки 400-500.

Таким образом, получение керамического наполнителя из глинистых сланцев является эффективным способом использования природных ресурсов и создания экологически чистых строительных материалов [3].

Ещё одним примером снижения вредного воздействия служит использование отходов промышленности в производстве жаростойких бетонов. Наибольший эффект достигается при замене штучных огнеупорных изделий огнеупорными жаростойкими бетонами.



Рис. 1. Керамзитовый песок

Такой бетон, в отличие от штучных огнеупоров, не требует обжига и позволяет изготавливать изделия любой формы и размера. Для производства жаростойких бетонов на основе техногенных отходов промышленности используются различные компоненты, улучшающие свойства, такие как жидкое стекло, силикат-глыба (прозрачный стекловидный сплав щелочных силикатов – полуфабрикат жидкого стекла) и фосфорная связка. Эти добавки помогают стать бетону крепкой монолитной конструкцией [4].

Так же возможно производство жаропрочного бетона, устойчивого к кислотной среде (рис. 2). В таком случае в состав добавляют глинозём. Такой бетон становится даже более стойким к высоким температурам (до 1600°C), так происходит, потому что состав запекается, преобразуясь в керамическую массу. Однако такой бетон менее прочный (выдерживает давление не более 40 МПа/см²)[5].

Таким образом, применение вторичного сырья, такого как техногенные отходы промышленности, в производстве жаропрочного бетона обеспечивает множество преимуществ, таких как: уменьшение объёмов отходов, генерируемых промышленностью, сокращение расходов на основные компоненты, создание альтернативных источников сырья для производства строительных материалов и т.д.



Рис. 2. Жаропрочный бетон на жидком стекле

В целом, ресурсосбережение в производстве строительных материалов является важным направлением в области устойчивого развития строительной отрасли. Компании и государства должны активнее заниматься разработкой и внедрением инновационных подходов и технологий, которые будут способствовать ресурсосбережению и экологической эффективности производства строительных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Логвинков С.М., Шумейко В.Н., Шабанова Г.Н., Цанко Н.С., Иващура А.А., Кобзин В.Г., Борисенко О.Н.* Ресурсосберегающая технология гидроизоляционной композиции для бетонных строительных конструкций и сооружений // *Техника и технология силикатов.* 2015. Т. 22. № 3. С. 24-30.
2. *Фомина Е.В., Ходыкин Е.И., Кривенкова А.Н.* Ресурсосберегающие технологии при производстве композиционных вяжущих для получения высокоэффективных строительных материалов// *Сухие строительные смеси.* 2012. №3. С.29-31.
3. *Тотурбиев Б.Д., Мамаев С.А., Тотурбиева У.Д.* Инновационные технологии производства экологически чистых строительных материалов нового поколения// *Геология и геофизика юга России.* 2018. №4. С.149-155.
4. *Абдрахимова Е.С., Абдрахимов В.З.* Использование отходов цветной металлургии в производстве жаростойких бетонов на основе фосфатных связующих// В сборнике: *научные разработки. Экология и промышленность России.* 2016. Т.20. №2. С.39-42.
5. *Баженов Ю.М.* Технология бетона: учебное пособие для технол. спец. строит. вузов. 2-е изд., перераб – М.: Высш. шк., 1987. 415с.

Студент 3 курса 31 группы ИПГС Ельцов С.А.

Студентка 1 курса 31 группы ИПГС Воронкова Е.П.

Научный руководитель – доц каф.СМ., канд. техн. наук, доц. И.В.

Козлова

«ЗЕЛЕННЫЕ» МАТЕРИАЛЫ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

«Зелеными» называются материалы, которые считаются экологически чистыми. Они применимы, в частности, в оформлении биоархитектуры, ландшафтном озеленении (рис.1) и в труднодоступных областях для строительства.



Рис.1 Пример ландшафтного озеленения

Строительные материалы, считающиеся "зелеными", непосредственно включают материалы из древесины, регенерируемые органическими компонентами, включая бамбуковые и соломенные включения; размерный камень, переработанный камень, пенобетон, переработанный металл и другие нетоксичные, многоразовые, возобновляемые и / или перерабатываемые продукты [1-3].

К «зеленым», экологически чистым материалам для стен относят [4]:

- глиняные кирпичи, в том числе и силикатные;
- древесные брусья, бревенчатые конструкции, а также различные доски, в том числе, и пиломатериалы, представляющие собой сколы, галтели, тавры, двутавры и т.д.
- природный каменный материал с кристаллическими или полимерными включениями;
- зидарит — плитные конгломераты в виде древесностружечных плит, а также жидкокристаллического стекла, перемешанного с цементом.
- Соломит и камышит – блоки из стеблей и остатков органогенного происхождения.

В качестве утепления конструкций используются следующие «зеленые» материалы:

- экологическая вата из волокон целлюлозы;
- базальтовая вата в виде базальта без добавления шлаков;
- пеностекло – с добавлением полимерных суспензий, то есть полимерорганическое стекло с включениями модификаций ортоклаза.
- экологический утеплитель с кристаллическими включениями из минерально-базальтовой ваты льнапроизводства, которая имеет высокую удерживающую способность.;
- кровельные покрытия.

Для отделки помещений к «зеленым» материалам относят:

- эмульсионные краски на основе природных компонентов;
- паркетная доска и пробковые покрытия;
- текстильные, бумажные, пробковые обои с крахмальным клеем;
- Шпатлевки и штукатурки с длительным временем высыхания и клеевые смеси на основе природных компонентов.

В строительстве жилых зданий и сооружений применимы современные технологии по реализации органического производства материалов на основе полимерорганических соединений. Эти материалы способны к самоочищению от вредных примесей и способны фильтровать вредные вещества.

К «зеленому» строительству можно отнести градостроительное планирование жилых застроек на плане картографической местности. В этом заключается ещё ландшафтирование строительной местности.

Кроме того, сравнение энергопотребления может помочь сделать вывод о выборе строительного материала и его эффективности. Производство древесины выделяет меньше CO₂, чем производство бетона и стали, если оно производится устойчивым способом, точно так же, как сталь может производиться более устойчиво благодаря совершенствованию технологий (например, EAF) и рециркуляции энергии/улавливанию углерода (недоиспользуемый потенциал систематического накопления углерода в искусственной среде).

Экологи России и мира предлагают использовать в строительнотехнологических проектах промышленные переработанные товары, такие как продукты сгорания угля, литейный песок и строительный мусор. Энергоемкие стройматериалы продвигаются с помощью программ скидок на электроэнергию. Большим преимуществом является их достаточно глобальные скидки на электроэнергию [5].

В работе [6,7] отмечено, что разработка более экологичных видов цемента, железа и стали приводят к большему сокращению выбросов парниковых газов по сравнению с инвестиционными проектами в

области электроэнергетики и авиации. Как известно, что процесс изготовления цемента без образования CO_2 неизбежен. Для его снижения можно использовать пуццолановые клинкера. Это позволит снизить энергозатраты цементной промышленности.

Подводя итог, хотелось бы отметить, что применение «зеленых» материалов и технологий позволяет улучшить экологическую обстановку в регионах и сделать более комфортные условия для рождаемости и продолжительности жизни.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Веретюшкина В.С., Юраков Н.С.* Использование энергоэффективных строительных материалов в "зеленом строительстве" // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. С. 1466-1471.

2. *Аржиловская А.А.* «Зеленые» Строительные Материалы - Перспектива Развития Устойчивой Экологической Ситуации // В сборнике: Современные материалы и технологии. Сборник материалов Международной молодежной конференции, приуроченной к 90-летию СГТУ имени Гагарина Ю.А.. 2020. С. 61-63.

3. *Кузина О.В.* «Зеленое» строительство и основные направления модернизации промышленности строительных материалов // В сборнике: Проблемы обеспечения безопасного развития современного общества. сборник трудов IV международной научно-практической конференции. Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт экономики Уральского отделения РАН. 2014. С. 154-157.

4. *Володченко А.А.* Стеновые строительные материалы для зеленого строительства на основе нетрадиционного глинистого сырья // Приднепровский научный вестник. 2017. Т. 12. № -4. С. 003-007.

5. *Бахтина А.А., Охлопкова Т.В.* Использование вторичных строительных материалов для зеленого будущего // Современные научные исследования и разработки. 2018. Т. 3. № 4 (21). С. 29-30.

6. *Потапова Е.Н., Гусева Т.В., Толстых Т.О., Бубнов А.Г.* Технологические, технические и организационно-управленческие решения для устойчивого развития и декарбонизации цементной отрасли // Техника и технология силикатов. 2023. Т. 30. № 2. С. 104-115.

7. *Ивлиева Е.Ю.* Вклад строительных материалов со сниженным воздействием на окружающую среду в критерии "зеленой" таксономии // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2022. № 4 (69). С. 2-6.

Студент 1 курса 31 группы ИПГС Жуков И.В.

Студент 1 курса 31 группы ИПГС Матвеев Е.И.

Научный руководитель – доц. каф.СМ, канд. техн. наук, доц. А.С. Иноземцев

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЁГКИХ БЕТОНОВ В ТЕХНОЛОГИИ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Легкими бетонами называют бетоны со средней плотностью в сухом состоянии не более 2000 кг/м³. Несмотря на регламентированную ГОСТ 25820 классификацию, граница между тяжелыми и легкими бетонами условна и согласно [1] отличительным условием между такими бетонами считается пористость, которую вносят в структуру заполнителя. Если пористость легкого заполнителя больше 10 %, то такой бетон считается «легким», иначе – «тяжелым». Для изготовления легкого бетона в качестве заполнителей применяются как природные, так и искусственные заполнители [2, 3]: керамзит, шунгизит, шлак, вспученный перлит и вермикулит, пемза, вулканический туф, аглопорит, золошлаковые отходы топлива на электростанциях, вспученный полистирол и т.д. Пористость заполнителей существенно влияет на процессы структурообразования и формирования физических свойств бетона, в значительной степени определяет объемную массу бетона, его прочность, деформативность и теплопроводность. Различные виды легкого бетона получили наименование по заполнителю: керамзитобетон, шлакобетон, туфобетон, пемзобетон, аглопоритобетон и т.д. В настоящее время легкие бетоны на пористых заполнителях используются для устройства ограждающих конструкций [2]. Ограничение для применения является прочность, которую способны обеспечивать составы бетона на легких заполнителях. Большое влияние на прочность заполнителей и на их свойства, проявляющиеся в бетонной смеси, оказывает характер пористости и структура материала [4]. Заполнитель для легких бетонов выбирают, отталкиваясь от его пористости и плотности. В таблице 1 приведены характеристики заполнителей, традиционно используемых в легких бетонах.

Таблица 1

Основные свойства некоторых заполнителей [1]

№	Заполнитель	Плотность, кг/м ³	Внутризерновая пористость, %
1	Керамзит	500-700	72-80
2	Шлак	1500-2300	28-42
3	Туф	1200-1500	42-53
4	Пемза	1400-1700	29-41
5	Аглопорит	800-1300	50-68

Перспективу для развития строительства представляют технологии, позволяющие использовать легкие бетоны в производстве сборного железобетона [5]. Подобным вопросом занимались в отечественные исследовательские и опытно-конструкторские группы с 30-х годов прошлого века.

Так легкие бетоны на пористых наполнителях начали применять в сборных конструкциях при изготовлении перекрытий в 1936 г. [1]. При строительстве трикотажного комбината и крытого рынка в Тбилиси площадью более 3800 м² каждый использовали двухпустотные легкобетонные плиты. Все конструкции многоэтажных жилых домов (5 и 9 этажей) в Новокуйбышевске построены из керамзитобетона.

Важнейшими предпосылками использования железобетона на пористых заполнителях в надземном строительстве являются: высокие теплоизоляционные свойства, малый объемный вес, возможность сокращения расхода цемента при производстве изделий и конструкций, т.е. их удешевления.

По сравнению с домами из тяжелых бетонов достигается снижение стоимости на 1 м² полезной площади за счет экономии стали до 21 % и цемента до 11 % [1].

Применение железобетона на легких заполнителях приводит к удешевлению даже в случаях, когда эти материалы обходятся дороже обычного железобетона [1, 6, 8].

Конструкции из легких железобетонов проектируют с таким расчетом, чтобы несущую способность этих перекрытий лимитировать сопротивлением изгибу, а не сопротивлением главным растягивающим напряжениям. В СССР применение легкого железобетона оправдалась не только в изгибаемых конструкциях, но и в рамных, сводчатых и арочных конструкциях, что связано с меньшей стоимостью легких заполнителей в среднем на 26 % [1].

Бетон на пористых заполнителях имеет низкий модуль упругости, повышенную растяжимость и позднее начало усадочных явлений, делающие конструкции из легкого железобетона более трещиноустойчивыми [5].

Учитывая богатый опыт (более 90 лет) использования легких железобетонов, а также наличие решений [7-5], позволяющих получать высокопрочный легкий бетон, свойства которых вызывают особенный интерес при строительстве как типовых, так и специальных зданий и сооружений, можно заключить о перспективах развития строительной отрасли в направлении расширения их применения в настоящее время.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Симонов М.З.* Бетон и железобетон на пористых заполнителях. Москва: Госстройиздат, 1955. 256 с.
2. *Петров В.П.* Пористые заполнители и легкие бетоны. Материаловедение. Технология производства / Петров В.П., Макридин Н.И., Ярмаковский В.Н. Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2009. 436 с.
3. Патент РФ № 2082688 С1. Способ получения легкого заполнителя для бетона / *Петров В.П., Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Исаков Ф.М., Карнаухов В.Н., Огородников Г.А.* 27.06.1997. Заявка № 94009421/03 от 16.03.1994.
4. *Иноземцев А.С., Королёв Е.В.* Высокопрочные легкие бетоны - конструкционный бетон нового поколения // Технологии бетонов. 2014. № 9 (98). С. 40-44. EDN: TBGAET
5. *Иноземцев А.С.* Высокопрочные легкие бетоны / А.С. Иноземцев, Е.В. Королев. — Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2022. 192 с. ISBN 978-5-9227-1265-1. EDN: UCJRAZ
6. *Звездов А.И., Фаликман В.Р.* Высокопрочные легкие бетоны в строительстве и архитектуре // Жилищное строительство. 2008. № 7. С. 2-6.
7. *Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Селютин Н.М.* Самоуплотняющийся высокопрочный керамзитобетон классов В50-В65 - новое поколение легких бетонов для конструкций высотных зданий // Строительные материалы. 2023. № 4. С. 42-50. EDN: KAYJCU
8. *Inozemtcev A.S.* High-strength lightweight concrete mixtures based on hollow microspheres: technological features and industrial experience of preparation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 71. P. 012028. DOI: 10.1088/1757-899X/71/1/012028. EDN: UEMSTL
9. *Рубин О.Д., Лисичкин С.Е., Кузнецов С.Ю., Балагуров В.Б., Баклыков И.В.* Экспериментальные исследования железобетонных конструкций из легкого высокопрочного бетона (применительно к конструкции батопорта сухого дока) // Природообустройство. 2021. № 4. С. 58-66.
10. *Иноземцев А.С., Королев Е.В.* Высокопрочный легкий бетон как инструмент для развития строительной отрасли // Бетон и железобетон. 2017. № 1 (16). С. 14-16. EDN: YMCJRP
11. *Епихин С.Д.* Реологические свойства самоуплотняющихся лёгких бетонных смесей на полых микросферах // Строительство: наука и образование. 2024. № 1. – В печати.

*Студенты 2 курса 32 группы ИПГС Зоткаев Б.П., Канаев В.Г.,
Студент 4 курса 81 группы ИАГ Стибунов Д.В.,
Студентка 4 курса 82 группы ИАГ Сусанина Т.В.,
Научный руководитель – доц каф.СМ., канд. техн. наук, доц. С.С.
Иноземцев*

АТЛАС ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ НА АСФАЛЬТОБЕТОНЫ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

В соответствии с поправками в приказ Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) № 192-ст, внесенными в 2023 году применение на территории Российской Федерации ГОСТ 9128-2009 "Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия" в части автомобильных дорог общего пользования прекращается с 1 июня 2024 года. Это связано с утверждением и введением в действие с июня 2020 года ГОСТ Р 58406.2-2020 "Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия".

Аналогичные изменения внесены в приказ № 191-ст, в соответствии с которыми прекращается применение ГОСТ 31015-2002 "Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия" в части автомобильных дорог общего пользования. Утвержден и введен в действие с также с июня 2020 года ГОСТ Р 58406.1-2020 "Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-мастичные асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия".

Совершенствование строительных материалов [1], в том числе асфальтобетонов, является закономерным этапом развития строительной отрасли, вызванный изменением условий эксплуатации [2] и ужесточением требований к качеству применяемых материалов [3].

Развитие технологии асфальтобетонов [4] сопровождается усовершенствованием и развитие системы нормирования, которая опирается на международный опыт. В настоящий момент действуют две новые системы нормирования качества асфальтобетонов, которые включают стандарты с новыми требованиями и методами их испытаний. В данной статье представлен атлас стандартов на асфальтобетоны для автомобильных дорог общего пользования, демонстрирующий взаимосвязь двух систем и их отличие (рисунок 1).

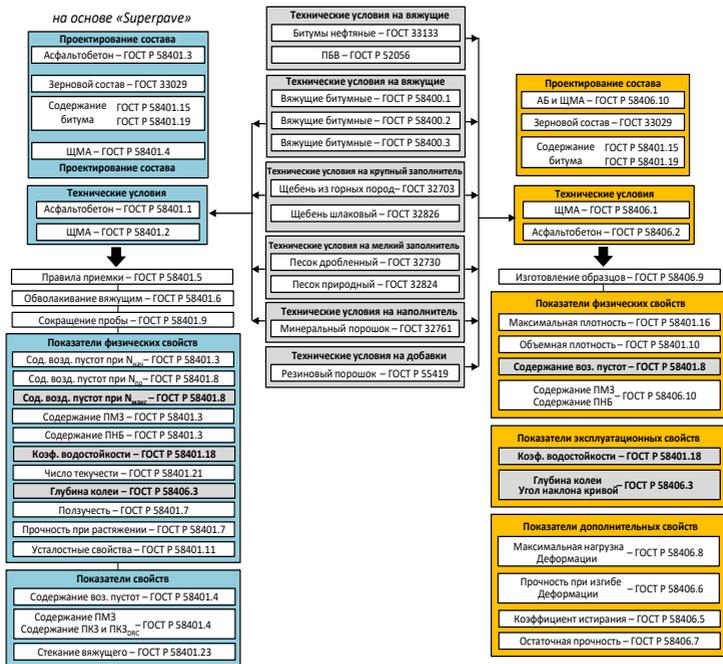


Рис. 1. Атлас стандартов на асфальтобетоны

Представленные две системы сформировались с учетом международного опыта объемно-функционального проектирования асфальтобетонов, которые для удобства обозначим, как «SP» и «EA». Система «SP» разработана преимущественно с учетом стандартов системы проектирования Suprgrave, а система EA – немецких и финских стандартов. Для двух систем проектирования допускается использовать одинаковые исходные компоненты, но для EA допускается битумов по ГОСТ 33133, ПВБ [5] по ГОСТ Р 52056 и резинового порошка [6] по ГОСТ Р 55419.

Система стандартов EA включает четыре ГОСТ с правилами проектирования состава асфальтобетонных смесей. Требования указываются в технических условиях ГОСТ Р 58406.1 и ГОСТ Р 58406.2 к получаемым асфальтобетонам из щебеночно-мастичных и горячих смесей, соответственно. Требования предъявляются по показателям качества, которые классифицированы на физические, эксплуатационные и дополнительные.

В качестве физических показателей свойств предусмотрена объемная плотность (G_{mb}), максимальная плотность (G_{mm}), содержание воздушных пустот (P_a), а также пустоты в минеральном заполнителе (ПМЗ) и заполненные битумом (ПНБ). К эксплуатационным показателям

качества относятся средняя глубина колеи (RD) и коэффициент водостойкости (TSR). Дополнительными показателями качества являются предел прочности на растяжение при изгибе ($R_{изг}$) и предельная относительная деформация растяжения ($E_{пр}$), разрушающая нагрузка (F) и деформации по Маршаллу (L), угол наклона кривой колееобразования (WTS); коэффициент длительной водостойкости, истираемость ($I_{аб}$) и остаточная прочность после воздействия реагентов (β) для верхнего слоя покрытия. В системе SP собственная методика проектирования смесей (рис. 1), включающая набор собственных показателей качества. Помимо стандартных P_c , RD и TSR введены новые критерии: ползучесть, число текучести, прочность при растяжении и усталостные свойства. Особенности SP является большой комплекс структурных характеристик по показателям содержания воздушных пустот.

На рисунке 1 показан атлас нормативных документов, демонстрирующий взаимосвязь двух систем проектирования, схожие подходы и принципиальные отличия, который позволяет при изучении нормирования в области асфальтобетонов и при планировании экспериментальных работ осуществлять выбор объектов исследования и методов испытаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Королев Е.В.* Перспективы развития строительного материаловедения // Academia. Архитектура и строительство. 2020. № 3. С. 143-159.
2. *Иноземцев С.С., Королев Е.В.* Агрессивность эксплуатационных условий дорожно-климатических зон России // Наука и техника в дорожной отрасли. 2019. № 3 (89). С. 22-26.
3. *Васильев Ю.Э., Шляфер В.Л., Козик П.В., Маринич С.А., Матвеевич С.А.* Регулярные межлабораторные испытания // Наука и техника в дорожной отрасли. 2006. № 2 (37). С. 6-7.
4. *Inozemtcev S., Korolev E.* Indicators of the effectiveness of self-healing asphalt concrete // В сборнике: E3S Web of Conferences. 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. 2019. P.
5. *Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Высоцкая М.А., Якимович И.В.* Эффективность применения адгезионной добавки ДАД 1 // Строительные материалы. 2009. № 7. С. 14-17.
6. *Аюпов Д.А., Мурафа А.В., Макаров Д.Б., Хакимуллин Ю.Н., Хозин В.Г.* Наномодифицированные битумные вяжущие для асфальтобетона // Строительные материалы. 2010. № 10. С. 34-35.

Студент 1 курса 31 группы ИПГС Ивлев А.П.

Студентка 1 курса 31 группы ИПГС Ильина С.А.

Научный руководитель – доц каф.СМ., канд. тех. наук, доц. А.С. Пилипенко

СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ КОНСТРУКЦИИ НА ОСНОВЕ ОКСИНИТРИДА АЛЮМИНИЯ

В настоящее время в строительной сфере России возрастает объём применения светопрозрачных решений в архитектуре зданий. Облик современного города немислим без высотных зданий и прозрачных витрин коммерческих помещений на первых этажах. Обеспечение вандалостойкости и стойкости к воздействию ветровых и иных атмосферных нагрузок является по-прежнему актуальной задачей.

Основной целью проведённого исследования являлось рассмотреть свойства и особенности такого материала, как оксинитрид алюминия и отрасли, в которых он применяется, а также изучить преимущества и недостатки при работе с ним в светопрозрачных конструкциях и технологию его производства. Это позволит сформулировать основные направления возможности применения оксинитрида алюминия в строительстве.

Оксинитрид алюминия (*AlON*) обладает такими свойствами как прозрачность для видимого и инфракрасного излучения (больше 80%), замечательная прочность, высокое тепловое постоянство, устойчивость к радиации и повреждениям от кислот, щелочей и воды [3].

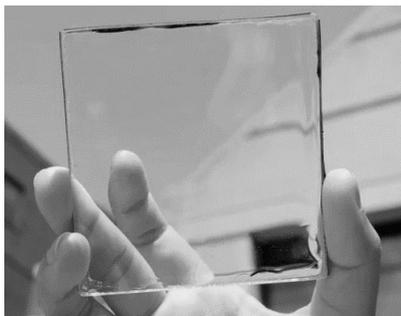


Рис. 1. Внешний вид прозрачного образца из оксинитрида алюминия

Оксинитрид алюминия имеет шпинельную структуру, то есть каждый атом алюминия окружен шестью атомами кислорода в октаэдрическом положении, а каждый атом азота окружен четырьмя атомами кислорода в тетраэдрическом положении. В авиационной и космической промышленности он используется для создания иллюминаторов самолетов и космических кораблей. В энергетическом производстве

может быть использован в солнечных панелях, а в оптическом – в линзах, приборах ночного видения и оптических приделах.

С технологической точки зрения, процесс изготовления оксинитрида алюминия относительно прост, что является большим плюсом для производителей, которые специализируются на создании светопрозрачных конструкций на основе данного продукта.

Первый этап – формирование. *AlON* является продуктом смешивания двух порошков алюминия (Al) и Al_2O_3 . Процесс измельчения происходит в лабораторном станке, оснащённом крышкой для создания желаемой атмосферы аммиака или же азота. На рисунке 2 представлено изостатическое прессование – процесс, при котором материал подвергается давлению со всех сторон одновременно с помощью рабочей жидкости. Далее давление сохраняется некоторое время до полного формирования детали.

Второй этап – обжиг до полного спекания. Этот процесс происходит в высокотемпературной печи в атмосфере азота. Перед обжигом камеру несколько раз вакуумируют и наполняют азотом. Полученное вещество естественным способом остывает там же.

Третий этап – механическое полирование. *AlON* очищают; в зависимости от его размера и формы подбирают скорость вращения диска, скорость подачи, глубину снятия и давления на инструмент.

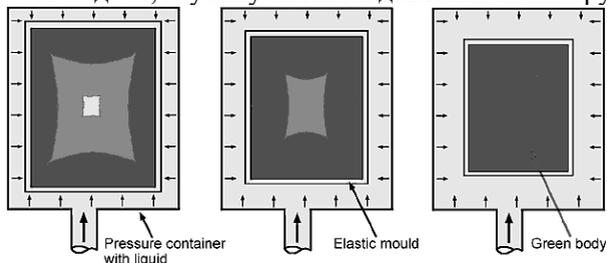


Рис.2. Изостатическое прессование

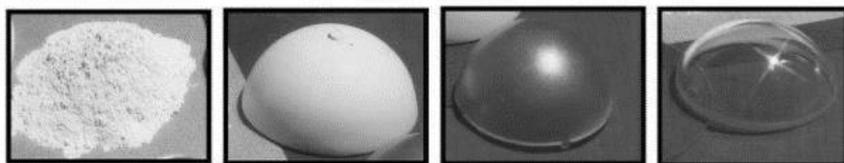


Рис.3. Схема создания стекла из оксинитрида алюминия

В настоящее время выход светопрозрачных конструкций на основе оксинитрида алюминия на мировой рынок затруднителен из-за цены их производства. До недавнего времени изготовленное стекло из *AlON*

имело площадь всего 0,28 м² (3 квадратных фута). Сейчас площадь увеличилась до 0,74 м² (8 квадратных футов) [4]. Конечный продукт обжига может деформироваться при охлаждении и получать трещины.

В 2017 году российскими учеными была разработана собственная формула производства прозрачного алюминия. В отечественном варианте использовалась методика спарк-плазменного спекания. Специалисты начали пропускать электрический заряд не через внешний элемент, а через пресс-форму [5].

Авторы считают, что светопрозрачные конструкции из оксинитрида алюминия представляют собой перспективный материал для использования в современном строительстве, например, в легких прозрачных каркасах, тонких и прочных окнах или элементах ограждения или фасада, если удастся решить такие проблемы, как высокая стоимость и ограниченная доступность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Беленцов Я.О., Сысоев О.Е.* Прозрачный алюминий // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. 2020. С. 52-55.
2. *Смелик А.А.* и др. Применение оксинитрида алюминия в качестве прозрачной брони // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению "Нанотехнологии и наноматериалы". 2021. С. 279-281.
3. *Болотова Е.М., Сотников Е. В.* Оксинитрид алюминия и перспективы его применения // Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее. 2022. С. 175-176.
4. *Лихолитов П., Стрельцова Т., Романов В.* Алюминий проливает свет - светопрозрачные конструкции. // Алюминиевая ассоциация. Алюминиевый вестник. 2020. 11(46).
5. *Miao W.* Method for manufacturing aluminum oxynitride (AlON) powder and other nitrogen-containing powders. Патент. US 6,955,798 B2.
6. *Liu F., Mu X., Gao C., Guo Z., Zhang C., Guo J., Cao J., Lin G.* The study on the preparation of AlON transparent ceramic and its ballistic resistance // Journal of Physics: Conference Series. 2023. 2587. 012016. DOI: 10.1088/1742-6596/2587/1/012016.
7. *Xue Z., Liu Y., Wang X.* Study on Preparation of Homogenized Highly Dispersible AlON Powder // Journal of Physics: Conference Series. 2023. 2539. 012038. DOI: 10.1088/1742-6596/2539/1/012038.
8. *Zhang Y., He Q., Wu H., Zhang Z., Jia B., Lu H., Gu S., Li T., Guo D., Zhu Z., Hou D., Qu X., Qin M.* Preparation of spherical AlON powder and high transparent ceramics by pressureless sintering // International Journal of Applied Ceramic Technology. 2023. DOI: 21. 10.1111/ijac.14531.

Студент 2 курса 31 группы ИПГС Ким А.М.
Студент 2 курса 31 группы ИПГС Лютиченко Э.М.
Студент 2 курса 31 группы ИПГС Кленовой П.А.
Научный руководитель – преп. каф.СМ И.Д. Сизяков

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОРКРЕТ-БЕТОНА ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

3D-печать провозглашают "третьей промышленной революцией" поскольку многие считают, что она способна на революцию во всех производственных процессах. Несмотря на то, что цементные строительные материалы такие как бетон, теоретически могут быть использованы для создания элементов любой формы, в современном бетонном строительстве в основном используются простые формы с постоянным поперечным сечением. Это связано с высокой стоимостью опалубки свободной формы, и низкой степенью автоматизации строительства. По сравнению с традиционным производством, технологии 3D-печати имеют преимущество для полностью автоматизированного производства компонентов высокой геометрической сложности - даже в небольших количествах.

Поэтому 3D-печать идеально подходит для строительства, где распространено штучное производство и использование сложных геометрических форм. Процессы 3D-печати с ЧПУ и роботизированным управлением, в частности предлагают возможность свести к минимуму дорогостоящее ручное производство. Выйдя за рамки традиционного производства, форма конструктивных элементов может быть адаптирована к различным требованиям и функциям.

В отличие от традиционных методов строительства, особенно тех, которые используют бетонные конструкции, когда в опалубку заливается один тип материала, можно также достичь функциональной градации, путем создания структурных армированных элементов с нестандартной геометрией и изменением свойств материала в процессе печати. В целом это приведет к более экономичным, качественным строительным процессам и более эффективному использованию материалов [1].

В качестве вяжущего в бетонной смеси можно использовать портландцемент и шлакопортландцемент, которые удовлетворяют ГОСТ 10178. В качестве заполнителей - песок по ГОСТ 8736, ГОСТ 26633 и ГОСТ 9757, щебень или гравий по ГОСТ 8267 или легкие заполнители по ГОСТ 9757. Главное, чтобы их гранулометрический состав соответствовал графику рассева.

Таблица 2

Состав бетонной смеси на 1м³ [2]

Цемент	Вода	Песок	Молотый известняк	Ускоритель
500	250	1500	150	0–6%

Для достижения необходимых характеристик могут вводиться химические и минеральные добавки соответствующие требованиям ГОСТ 24211, такие как зола, микрокремнезём или кальмафлекс. Все добавки (пластификаторы, ускорители твердения, стабилизирующие и т. д.) должны соответствовать требованиям Технических условий, по которым они выпускаются. Для придания нужного оттенка могут использоваться различные пигменты. Вода для приготовления бетонной смеси должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732.

Гранулометрический состав

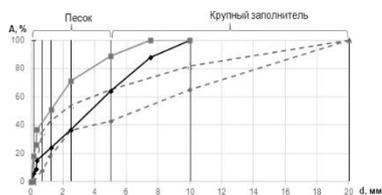


Рис. 3 Гранулометрический состав заполнителей для торкрет-бетона

Чтобы сделать технологии осаждения механически конкурентоспособными для заливки бетона, необходимо обеспечить высокую межслойную адгезию, например предотвращение образования холодных швов. Поэтому шероховатость межслойной области, которая в основном определяется составом смеси (размер заполнителя, цемент, соотношение воды и цемента, добавки). Кроме того, временной промежуток между нанесением двух слоев, которая часто обусловлена самим процессом производства, имеет важное значение, поскольку предел прочности сцепления происходит после критической точки остывания. Несмотря на некоторые сходства, 3D печать методом набрызга и торкрет имеют некоторые различия в требуемых от них характеристиках.

Необходимые технологические свойства смесей для торкрет-бетона. Вязкость: для торкрета вязкость смеси должна быть такой, чтобы обеспечить удобство при напылении на вертикальные и горизонтальные поверхности. Обычно вязкость состава для торкрета варьируется от 2000 до 8000 сР.

Сроки схватывания: так же, как и в случае с 3D печатью, сроки схватывания должны быть оптимизированы для конкретного процесса строительства. Обычно смесь начинает схватываться в течение нескольких минут и полностью затвердевает в течение нескольких часов. Удобоукладываемость: для торкрета важно, чтобы смесь была легко

наносимой для равномерного распределения по поверхности и обеспечения прочного соединения с основанием.

Материалы и методы определения технологических свойств бетонной смеси. Технологические свойства бетонной смеси характеризуют такие факторы как: сроки схватывания по ГОСТ Р 56587–2015 «Метод определения сроков схватывания» и удобоукладываемость по ГОСТ Р 57810–2017/EN 12350-3:2009 «Метод Вебе».



Рис. 13 Зависимости сроков схватывания от количества ускорителя

[3]

Для воспроизведения 3D-печати методом набрызга необходимо использовать ускорители до 6% от массы цемента

В работе рассматривались технологические характеристики бетонной смеси для 3D-печати методом набрызга. В силу особенности технологии важными параметрами являются такие характеристики как: удобоукладываемость и сроки схватывания бетонной смеси. Из литературных источников выявлены преимущества данного способа 3D-печати: меньшая пористость бетонной смеси и лучшие адгезионные параметры при послойном торкретировании, что косвенно говорит о лучших физико-механических характеристиках изделия в сравнении с экструзионным методом печати.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Микова М. Н.* Технология использования 3D-печати в строительстве // *Master's Journal*. 2020. 1. С. 156-160.
2. *Бондарев Б.А., Баязов В.А., Корнеев О.О., Востриков И.А., Мещеряков А.А., Корнеева А.О.* Подбор составов смесей для 3D печати // *Вестник Евразийской науки*. 2021. 3.
3. *Heidarnezhad F., Qian Zhang Q.* Shotcrete based 3D concrete printing: State of art, challenges, and opportunities.
4. *Kloft H., Krauss H.-W., Hack N., Herrmann E., Neudecke S., Varady P., Lowke D.* Shotcrete 3D Printing (SC3DP): A robot-guided technology for Additive Manufacturing of large-scale reinforced concrete components // *Cem. Concr. Res.* 2020.
5. *Lootens D., Jousset P., Martinie L., Roussel N., Flatt R.J.* Yield stress during setting of cement pastes from penetration tests // *Cem. Concr. Res.* 2009. 39. p. 401–408.

Студент магистратуры 2 года обучения 31 группы ИПГС Колюхов М.А.

Научный руководитель – доц каф.СМ., канд. техн. наук, доц. А.Д. Жуков

ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ В КЛАДКЕ СТЕН МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Легкие бетоны являются одним из распространенных строительных материалов и подразделяются на бетоны с легким (и особо лёгким, таким как пенополистиролбетон) заполнителем и на ячеистые бетоны, которые в свою очередь делятся на две большие группы пенобетоны и газобетоны (рис. 1).

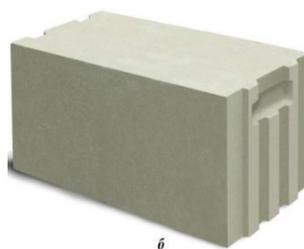


Рис. 1. Ячеистый бетон: а — структура; б — фрезерованный блок

Газобетон получают введением в бетонную смесь газообразователя и вспучивание формовочной смеси; пенобетон — получают смешением бетонной смеси с отдельно приготовленной стойкой пеной. Пенобетон имеет более равномерную пористую структуру, форма при этом близка к шарообразной и характеризуется меньшим количеством сообщающихся пор (ячеек).

В данной работе была поставлена задача определения прочности образцов из пенобетона, а также изучение возможным вариантов применения изделий из пенобетона плотностью 500-700 кг/м³.

Формовочную смесь готовили в мешалке по двухстадийной технологии отдельно готовили стойкую пену на основе синтетических пенообразователей и стабилизаторов, а также шлам, содержащий все минеральные компоненты. далее пеномассу и минеральный шлам перемешивали совместно с получением пенобетонной смеси. Далее смесь разливали в формы 10x10x30 см; выдерживали в течение 3 суток в условиях лаборатории и подвергали тепловой обработке в течение 12 часов. При этом изделия закрывали полиэтиленовой пленкой, чтобы снизить процент естественного испарения влаги. Результаты исследований прочностных характеристик представлены в табл. 1

Таблица 1.

Количественный состав ячеистого бетона и результаты испытания образцов на прочность

№ опыта	Масса, г				Прочность ячеистого бетона R, МПа
	Цемент	Песка	Гипс	Шлам	
1	111,5	204,67	9,7	92,15	3,17
2	116,4	200,79	7,76	92,15	2,86
3	111,5	192,06	28,1	92,15	2,78
4	119,3	201,27	7,76	82,935	2,86
5	116,4	217,76	7,76	82,935	2,93
6	111,5	188,18	9,7	92,15	3,26
7	116,4	187,93	7,76	105,97	3,16
8	116,4	191,09	9,7	92,15	2,75

Теплоизоляционно-конструкционный ячеистый бетон используется в кладке стен зданий до трех этажей (рис.2). Материал негорючий и обладает достаточными для эффективной эксплуатации экологическими показателями. Блоки укладывают либо на кладочный раствор, либо на специальный клей.

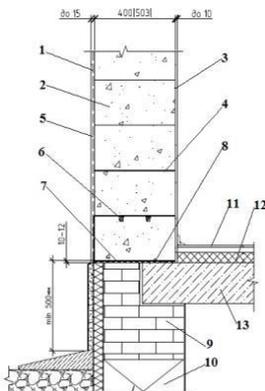


Рис. 2. Стена из ячеистобетонных блоков (ЯБ): 1 – штукатурный слой; 2 – ЯБ; 3 – внутренняя отделка; 4 – кладочный раствор; 5 – грунтовочный слой; 6 – металлический стержень; 7 – выравнивающий слой цементно-песчаного раствора; 8 – гидроизоляция (заходят на первый ряд блоков); 9 – кирпичная кладка фундамента; 10 – железобетонное основание; 11 – конструкция пола; 12 – теплоизоляция; 13 – плита перекрытия

Толщина стен зданий назначается как из учета требований по прочности, так и с учетом требуемого термического сопротивления конструкции. С учетом того, что материал имеет относительно низкую теплопроводность (до 0,14 Вт/(м°C) при строительстве в регионах с умеренным климатом возможно использование оштукатуренной кладки без дополнительной теплоизоляции (рис. 3). Подобные конструктивные решения обладают рядом особенностей. Во-первых, это повышенная надежность конструкции, обусловленная применением материалов единой природы: блоки, штукатурные составы и кладочные растворы изготавливают на основе портландцемента, а в результате формируются когезионные контакты на молекулярном уровне. Во-вторых, для регионов с умеренным климатом достаточно термическое сопротивление по глди стены не превышающее 2,0 м²°C/Вт.

Использование сложных многослойных систем изоляции не только не приводит к повышению энергетической эффективности конструкции, но может просто не окупиться за весь период эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шорстов Р.А.* Регулирование технологических и рецептурных параметров на основе моделирования физико-механических свойств автоклавного газобетона // Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова. 2019. № 5. С. 36–41.
2. *Лесовик В.С., Сулейманова Л.А., Кара К.А.* Энергоэффективные газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 3. С. 10–20.
3. *Демиссе Б. А., Жуков А.Д., Поудел Р.С.* Мелкозернистый бетон на модифицированном вяжущем // Промышленное и гражданское строительство. 2022. №3. С. 31–36.
4. *Alexey D. Zhukov, Ekaterina Yu. Bobrova, Ivan I. Popov, Demissie Bekele Arega.* System analysis of technological processes //International Journal for Computational Civil and Structural Engineering, 17(4) 73–82 (2021). DOI:10.22337/2587-9618-2021-17-4-73-82.
5. *I V Bessonov, A Yu Ushakov, A D Zhukov and V.G. Vidiborenko.* Assessment of Light Concrete Frost Resistance // International Science and Technology Conference. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2021. DOI:10.1088/1757-899X/1079/2/022078.

ТОКОПРОВОДЯЩИЙ БЕТОН

Токопроводящий бетон — это бетон, главная особенность которого в возможности отражения и поглощения электромагнитного излучения. Он используется в различных строительных и инженерных конструкциях, где необходимо обеспечить электрическую проводимость [1-3]. Производство токопроводящего бетона требует специального подхода и использования определённых компонентов для достижения желаемых проводящих свойств. Основной особенностью производства токопроводящего бетона является выбор компонентов, так как для создания токопроводящего бетона используются специальные добавки (углеродные материалы: графит, углеродные волокна (рис.1)), металлические частицы или проводящие полимеры. Благодаря этим компонентам бетон обладает проводящими свойствами. В состав бетона могут входить различные материалы, в зависимости от этого различают полимербетоны, полимерцементные и бетоны на цементном вяжущем [4,5].



Рис.1. Добавки для токопроводящего бетона: а) магнетит, б) графит

С точки зрения конструктивной, электрической и экономической эффективности наиболее подходящим считают составы на цементном вяжущем бетоне, поскольку они, кроме высоких технико-экономических и конструктивных показателей, обладают достаточно хорошей дугостойкостью и коррозийной стойкостью. Также важно правильно подобрать пропорции основных компонентов (цемент, песок, щебень) и добавок для достижения необходимой проводимости. Неравномерное распределение добавок может снизить эффективность проводимости, во избежание таких проблем, используют специальные технологии смешивания. От традиционного бетона токопроводящий отличается своими проводящими свойствами [1,5], которые позволяют электрическому току проходить через материал. В отличие от обычного бетона токопроводящий бетон при воздействии на него электрического тока не теряет своих свойств и не подвергается возникновению электрокоррозии.

Токопроводящий бетон «Shot Crete» способен не только отражать, но и поглощать электромагнитные волны, лежащие в определённых диапазонах, благодаря наличию в своём составе специальной добавки – магнетита, а также металлической и углеродной стружки, усиливающих эффективность материала [6]. Для строительства промышленных и гражданских зданий, дорожных покрытий и других инженерных сооружений применяется обычный бетон, а там, где необходимо обеспечить электрическую проводимость материала, применяют токопроводящий бетон. Например, для защиты от статистического электричества создания электростатических экранов, заземления или для использования в системах обогрева. Токопроводящий бетон в зависимости от его назначения обладает различными техническими характеристиками: уровнем проводимости, прочностью и стойкостью к воздействию окружающей среды. Область применения такого бетона различна. Например: для специального строительства, производства незамерзающих взлетно-посадочных полос, аэродромных и дорожных покрытий и др. (рис.2).



Рис. 2. Применение токопроводящего бетона: а) взлётная полоса, б) полигон

Электропроводящий бетон обладает рядом достоинств, которые делают его привлекательным материалом для различных инженерных и строительных задач. Основным является способность проводить через свою толщу электрический ток. Таким образом, токопроводящий бетон является идеальным материалом для создания заземлителей, экранирования от электромагнитных полей, антистатических покрытий и систем обогрева, так же может использоваться для защиты от статического электричества, предотвращения образования искр и взрывоопасных ситуаций, для создания безопасных рабочих условий в помещениях с повышенным уровнем электростатических зарядов. Он обладает высокой прочностью, стойкостью к агрессивным средам, влаге, механическим воздействиям и устойчив к коррозии, что делает его долговечным материалом для различных конструкций. Благодаря проводящим свойствам токопроводящий бетон может использоваться в системах обогрева или подогрева, обеспечивая равномерное распределение тепла и экономичное энергопотребление. На ряду с преимуществами токопроводящий бетон имеет и некоторые недостатки, которые стоит учитывать при его использовании. Одним из минусов

электропроводящего бетона является сложность в производстве и укладке. Изготовление и укладка токопроводящего бетона требует специализированных знаний и навыков, а также строгого контроля качества процесса, что может усложнить выполнение строительных работ. В случае неправильного использования или эксплуатации токопроводящего бетона, возможно образование коррозии металлических элементов в его составе, что может привести к снижению долговечности конструкции. Для поддержания эффективности и безопасности систем, построенных с использованием токопроводящего бетона, может потребоваться специальное обслуживание и техническое обследование. Токопроводящий бетон ограничен в применении в обычных строительных проектах, так как наиболее эффективен и целесообразен только для специализированных инженерных задач.

В целом, токопроводящий бетон представляет собой универсальный материал с уникальными свойствами и с широким спектром применения в инженерных и строительных задачах, где требуется электрическая проводимость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Екимов Р.В., Ерышев М.С.* Область применения и свойства токопроводящего бетона. В сборнике: IV Международный студенческий строительный форум – 2019. Сборник докладов (К 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова). Белгород, 2019. С. 266-270.
2. *Горбач П. С., Шустов П. А., Пляскин Е. В.* Самовосстанавливающийся и токопроводящий бетон // Научный журнал «Современные технологии и научно-технический прогресс». 2023. № 10. С. 157-158.
3. *Быстров К.А., Гамаюнова О.С.* Инновационные строительные материалы // Высокие технологии в строительном комплексе. 2022. № 2. С. 24-34.
4. *Ларсен О.А., Бахрах А.М.* Композиционное вяжущее для токопроводящего бетона // Техника и технология силикатов. 2021. Т.28. № 3. С. 127-131.
5. *Лопанов А.Н., Фанина Е.А., Томаровщенко О.Н.* Физико-химические аспекты получения токопроводящих смесей для производства нагревательных систем и элементов // Вестник БГТУ им В. Г. Шухова. – 2016. – № 11. – С. 168–171.
6. *Варанкина А.Ю.* Токопроводящий бетон shot crete // В сборнике: Наука. Исследования. Практика. Сборник статей LXX International scientific conference. Санкт-Петербург, 2023. С. 51-52.

Студент 3 курса 32 группы ИПГС Маторин А.А.

Научный руководитель – доц каф.СМ., канд. техн. наук, доц. А.Д. Жуков

ТЕКСТИЛЬ-БЕТОН: ДОСТОИНСТВА И ОСОБЕННОСТИ

Текстильный бетон — это группа современных строительных материалов, состоящая из минеральных связующих гидравлического твердения, и волокон, которые либо диспергированы в материале, либо сплетены в сетки различных размеров. Во всех случаях могут использоваться полимерные или минеральные волокна, а также гибридные: например, минеральное волокно и углеродное, стекловолокно и целлюлозное и т.д. [1-3].

В классическом текстильно-усиленном бетоне (рис. 1) плоские сетки из стеклянных или полимерных волокон, Волокна прочны и могут иметь используются для повышения прочности при изгибе, что особенно важно при применении тонких оболочек стен, перекрытий, кровли. [4, 5].



Рис. 1. Текстиль-бетон в строительстве

Бетонный полотно — этот вид текстильно-армированного бетона, который имеет сердечник из минерального связующего и наполнителя и наружную оболочку, сформированную из двух листов нетканого материала. В качестве наполнителей используются кварцевый песок от 0,5 до 1 мм или смесь кварцевого песка и армирующих волокон (потребляемых не более 1,5%). Бетонное полотно транспортируется к объекту в рулонах; рулоны укладывают на основание и, увлажняя, бетон твердеет, в результате чего создается готовый структурный элемент. Эта технология может реализовываться как при новом строительстве, так и при реконструкции (рис.2).

Свойства бетонного полотна во многом определяются свойствами композиционного вяжущего (а по сути, мелкозернистого бетона) которой является основой бетонного полотна. В качестве вяжущего может использоваться портландцемент, портландцемент, модифицированный активными добавками и в том числе отходами

бетонной промышленности или получаемыми при реновации жилья, а также гипсовое (или модифицированное гипсовое) вяжущее.

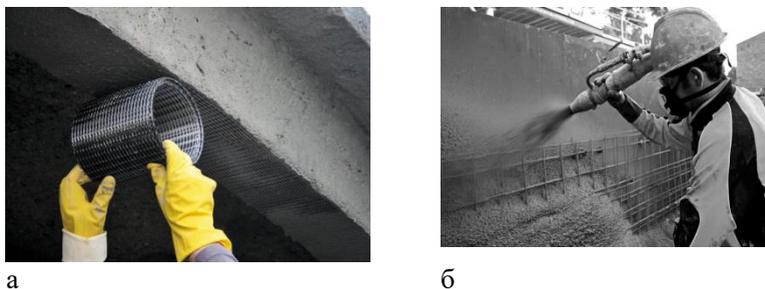


Рис. 2. Монтаж текстиль-бетона; а – монтаж сетки из углеродного волокна; б – нанесение бетонной смеси торкретированием

Разновидностью текстиль бетона являются также фасадные штукатурные покрытия. В данном случае штукатурная система является аналогом мелкозернистого бетона как основного компонента текстиль-бетона или бетонного плотна, а стеклосетка, которая является обязательным компонентом любого толстослойного штукатурного покрытия является армирующим мелкозернистый модифицированных бетон компонентом.

Помимо декоративных качеств и выразительности экстерьера, критерием для фасада здания также является потребность в долговечности, учитывая тот факт, что фасад подвергается воздействию всего комплекса атмосферных переменных.

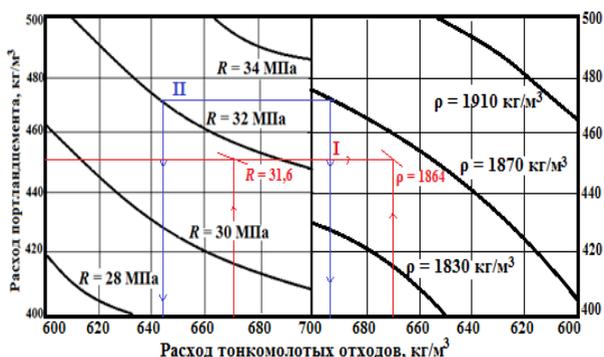


Рис. 2. Номограмма для оценки свойств бетона на основе отходов его по составу (пример I) и определения расхода портландцемента и тонкомолотых отходов для бетона с заданной прочностью и плотностью (пример II).

Важным аспектом развития строительной отрасли является утилизация отходов строительства и производства строительных материалов. По результатам активного эксперимента разработана номограмма (рис. 2) для подбора состава и прогнозирования свойств мелкозернистого бетона с применением строительных отходов.

Энергетическая эффективность этой группы материалов обусловлена возможностью использования конструкций меньшей толщины (соответственно, с меньшим потреблением материала на единицу площади); возможностью частичной замены клинкера на менее энергоёмкие компоненты, в том числе натуральные компоненты; и, в случае реализации фасадных теплоизоляционных композитных систем, создание надежных слоев внешней защиты, которая определяет долговечность функциональной системы конструкции и стабильность свойств изоляционной оболочки.

Технология текстиль-бетон является одним из перспективным направлений строительства. Разновидности этого материала используются в различных областях строительства.

Основой текстиль бетона любой модификации является мелкозернистый модифицированный бетон, армированный сетками, фиброй или волокном на основе минеральных, металлических и реже полимерных или углеродных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лесовик В.С.* Строительные материалы. Настоящее и будущее. Вестник МГСУ. 2017. Том 12. № 1 (100), С. 9-16
2. *Hegger J., Goralksi C., Kulas C.* Schlanke Fußgängerbrücke aus Textilbeton — Sechsfeldrige Fußgängerbrücke mit einer Gesamtlänge von 97 m. Beton- und Stahlbetonbau. 106 (2011), Heft 2, pp. 64—71.
3. *Поудел Р.С., Бессонов И.В., Жуков А.Д., Гудков П.К., Горбунова Э.А., Михайлик Е.Д.* Цифровые методы оптимизации составов бетонного полотна // Строительные материалы. 2022. № 6. С. 20–24.
4. *Бессонов И.В., Жуков А.Д., Поудел Р.С., Маторин А.А.* Влияние структуры и состава на свойства бетонного полотна // Строительные материалы. 2023. № 6. С. 27–32. DOI: 10.31659/0585-430X-2023-814-6-27-32
5. *Бессонов И.В., Жуков А.Д., Горбунова Э.А., Говряков И.С.* Текстильно-армированный модифицированный гипсобетон // Строительные материалы. 2022. № 8. С. 46–50. DOI: 10.31659/0585-430X-2022-805-8-46-50.

Студентка 1 курса 31 группы ИПГС Мороз А.Д.

Студентка 1 курса 31 группы ИПГС Жигалова А.К.

Научный руководитель – доц каф.СМ., канд. техн. наук, доц. Д.А. Зорин

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

С 2014 года всё более активно начинает применяться новая технология в строительстве – 3D печать.

В аддитивных технологиях используется строительная 3D-печать бетоном.



Рис. 1. Армирование

Такая технология может расцениваться как экструзионная печать, это значит, что бетонная смесь проходит через сопло, при этом формирует слой, очень похожий на «колбаски» из которых и состоит стена, процесс показан на рисунке 1. Стоит отметить, что самый первый запатентованный аналог создал Томас Эдиссон более 100 лет назад, подразумевая заливку бетоном стены дома на месте.

Для 3D-печати домов широко используется только мелкозернистые смеси, но это, к сожалению, вовсе не подходит для бетона, который используется в обычном строительстве. Но при всём при этом производители пытаются сделать новую или же сильно усовершенствовать рецептуру своего конечного продукта, которая подходила бы для особых параметров того или иного принтера, или же под необходимые требования для готового продукта. На данный момент достаточно популярны материалы, подходящие для подобного использования: пескобетон, модифицированный гипс или смеси с фиброволокном или морозоустойчивыми добавками, например. Подводя итог, можно сказать, что одним из необходимых требований к материалу является прочность, пластичность, а также скорость

схватывания. Поэтому для самой смеси имеется свой критерий – это низкая вязкость, ведь в противном случае форма не будет стабильной.

Изделия, «напечатанные» подобным способом, можно укреплять различными способами, иначе говоря, армировать, данный процесс показан на рисунке 1. Например, этого можно добиться, добавив в бетонную смесь фиброволокно, уложить арматуру между слоями во время печати. Данная технология даёт возможность печатать сразу модули в цехах или же прямо на строительной площадке [1-3].

Не так давно цементная компания *закончила* строительство первого в Гватемале здания, напечатанного на 3D-принтере. Это дом, площадью 49 кв. метров, создали принтером COBOD BOD2, стоит отметить, что именно такой принтер задействовали при возведении двухэтажного дома в Европе.

Печать здания заняла рекордные 26 часов, однако полностью весь процесс занял 7 дней. Они сделали крышу из пальмовой соломы, которая в свою очередь считается традиционной в Гватемале. Упор был сделан на то, чтобы конструкция выдерживала даже сильное землетрясение.

3D-печать помогла воплотить природные формы в созданном человеком и искусственным интеллектом здании, что невозможно при использовании столь знакомых всем блоков. Одноэтажный дом имеет простую внутреннюю планировку, в которой напечатанные из бетона стены остаются открытыми — без дополнительной отделки.

Важно также уточнить, что в России начинают делать робкие шаги в исследовании 3D печати больших объектов. Например, на Кубани строится гостиничный комплекс, открытие которого планируется уже в этом, 2024, году.

Нельзя не упомянуть об эксперименте в условиях суровой, истинно русской зимы: здание в Лабитанги ЯНАО показан на рисунке 2, площадь которого составляет около 80 квадратных метров. А компания уже предлагает приобрести сделанный под индивидуальный заказ модульные дома [4,5].

Безусловно, на фоне общего объема строительства всё это смотрится не серьёзно, но это только начало.

С самого начала возникновения подобная технология вызывала сомнения в целесообразности и рациональности, однако с приходом современных технологий с минимальным участием человека была доказана эффективность. В 2020-2022 годах это было выявлено на

практике. Из-за нестабильности ситуации на рынке и в мире, вызванной пандемией, многие люди решили обзавестись своим уголком с минимальными расходами, что ускорило развитие и инвестирование в больших объёмах со всего мира. Поэтому в некоторых странах создаётся нормативная база для внедрения аддитивных технологиях в строительную сферу.



Рис. 2. Напечатанный дом

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Макаров А.Н., Коротеев Д.Д., Болотова А.С.* Аддитивные технологии в строительстве : учебное пособие - М.: МИСИ-МГСУ, 2023. 67 с.
2. *Филипенко П. В., Солонина В. А., Суровцев И. А.* Оптимизация структуры мелкозернистого бетона для строительной 3D-печати // Современное строительство и архитектура. 2022. № 6(30). С. 10-14. DOI 10.18454/mca.2022.30.6.002
3. *Потапова Е.Н., Бурлов И.Ю., Азовцева О.В., Мин Хейн Хтет.* Вяжущие для 3D принтера // Техника и технология силикатов. 2023.Т.30. № 1.С. 8 – 15.
4. *Зыонг Т. К., Иноземцев А. С.* Пригодность бетонных смесей на полых микросферах для 3d-печати в строительстве // Современное строительство и архитектура. 2020. № 3(19). С. 16-21. DOI: 10.18454/mca.2020.19.3.
5. *Корнейчук В. В., Емельянов Р. Т.* Метод армирования конструкций, изготовленных с помощью строительного 3D принтера // Актуальные вопросы строительства: взгляд в будущее : сб. науч. статей по материалам II Всероссийской науч.-практич.конференции, Красноярск, 18–20 октября 2023 года. – Красноярск: Инженерно-строительный институт ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». 2023. С. 393-395.

Студент 2 курса 31 группы ИПГС Назаратий Д.А.

Студент 2 курса 31 группы ИПГС Уринов Д.Н.

Студент 2 курса 31 группы ИПГС Фокин И.Я.

Научный руководитель – доц. каф.СМ, канд. техн. наук, доц. Д.А. Иьин

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Несмотря на то, что изоляционные материалы (рис.1) применяются на завершающей стадии строительства или ремонтных работ, они обеспечивают стабильность в эксплуатации зданий за счет сохранения микроклимата, устойчивости температурного режима помещения или защиты от влаги, осадков и других погодных воздействий.



Рис. 1 Разновидности изоляционных материалов

Основные виды изоляционных материалов подразделяются в зависимости от своего назначения [1]

Гидроизоляционные материалы обеспечивают фильтрацией и герметизацией в конструкции, здании и сооружении защиту от периодического или постоянного воздействия воды и влаги, коррозии.

Теплоизоляционные материалы позволяют поддерживать определенную температуру в зданиях и снижать энергопотери.

Пароизоляционные материалы способны защищать строительные конструкции и утеплители от насыщения водными парами.

Звукоизоляционные материалы применяется для снижения структурного и ударного шума.

Ветроизоляционные материалы помогают защитить утеплитель и элементы кровли от выветривания и воздействия конденсата.

Также изоляционные материалы, увеличивая эксплуатационный потенциал зданий, позволяют минимализировать расходы по их обслуживанию.

Современные изоляционные материалы зачастую выполняют несколько функций и являются универсальными.

Практически уникальна, в этом случае, монтажная пена. Она способна эффективно заполнить любые виды отверстий (щели, полости, трещины) даже в самых труднодоступных местах, обеспечивает

герметизацию стыков или пустот; снижает воздухопроницаемость внешних стен здания; улучшает звукоизоляцию, позволяет осуществить фиксацию и изоляцию оконных и дверных рам, герметизации и фиксации прокладочных каналов для труб [2].

Технические возможности монтажной пены не имеют аналогов. Она внесезонна, что является одним из основных преимуществ. Монтажная пена, благодаря процессам полимеризации, способна функционировать при температурах от -10 до $+30$ °С, т.е. круглогодично [3]. Это актуально во многих регионах РФ.

Таким образом, монтажная пена является экологически чистой и обладает одновременно теплоизоляционными, звукоизоляционными и уплотнительными свойствами. Она соединяет конструкции или их части друг с другом, может расширяться и застывать, совместима с бетоном, деревом, стеклом, камнем.

Актуальной задачей является получение современных теплоизоляционных материалов с характеристиками, приближенными к идеальным. В настоящее время к таким материалам можно отнести минеральную вату, стекловолокно и пенополистирол. Самым эффективным хранителем тепла является воздух, поэтому эти материалы способны обездвигнуть его, сделать статичным [4].

В минеральной вате это достигается за счет волокон, расположенных хаотичным образом. К минеральной вате относят стекловату и базальтовую вату. Стекловату производят из разных материалов: песка, соды, доломита, известняка, бура или битого стекла. Она имеет низкую теплопроводность, высокую прочность и эластичность, устойчива к вибрации. Также благодаря волокнистой структуре способна поглощать звук и использоваться в качестве звукоизолятора.

Минеральная вата из горных пород и шлаков металлургической промышленности, называется базальтовой. Этот утеплитель считается наиболее эффективным для применения в зданиях с повышенным уровнем влажности (бассейнах, оздоровительных комплексах, банях и саунах). Базальтовая вата негорючая, влагостойкая, паропроницаема, обладает звукоизоляцией, устойчива к химическому воздействию, к грибковым и микробным поражениям [5].

Также набирает популярность в качестве теплоизолятора использование боя технического стекла совместно с жидким стеклом. Газобетон, полученный на основе данного материала, имеет коэффициент теплопроводности $0,05 - 0,09$ Вт/(м°С), с диапазоном рабочей температуры $-60...+800$ °С [6].

Достаточно дешевым и эффективным теплоизолятором является пенополистирол. Он обеспечивает высокий уровень энергосбережения, обладает низкой теплопроводностью и высокой звукоизоляцией,

устойчив к возгоранию и даже способен к самозатуханию, имеет низкий уровень влагопоглощения, устойчив к воздействию биологическими или химическими веществами, долговечен в эксплуатации. Пенополистирол нашел широкое применение в гражданском и промышленном строительстве [7].

Подводя итог, можно отметить, что изоляционные материалы вносят свой вклад в создание комфортных условий при эксплуатации как гражданских зданий, так и промышленных объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ханюченко Н.Д., Качурина М.А.* Разработка материалов для ремонтно-изоляционных работ и устранения негерметичности инновационными способами // В сборнике: Research. Engineering. Extreme. 2021. Материалы Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». Краснодар. 2021. С. 325-327.
2. *Лапина Н.А., Четова Ю.А.* Чудеса из монтажной пены // В сборнике: Современные проблемы научной деятельности. перспективы внедрения инновационных решений, сборник статей Международной научно-практической конференции. 2019. С. 173-176.
3. *Семенов В.С.* Пена монтажная // В сборнике: Большая российская энциклопедия. Москва. 2014. С. 547-548.
4. *Тулегенов М.К., Мануленко А.И., Умыржан Н.Н., Арчаков И.Д.* Исследование эффективности использования изоляции // В сборнике: Лучшая научная работа 2022. сборник статей V Международного научно-исследовательского конкурса. Пенза, 2022. С. 21-23.
5. *Балан В.О.* Изоляционные материалы: типы теплоизоляционных материалов в зданиях, применение и свойства // В сборнике: Молодежь и научно-технический прогресс. Сборник докладов XVI международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2023. С. 378-381.
6. *Зайцева А.А., Зайцева Е.И., Самченко С.В.* Перспективные теплоизоляционные материалы на основе стеклобоя и жидкого стекла // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. № 1. С. 17-20.
7. *Захарьин Е.Н.* Долговечность экструзионного пенополистирола. оценка и прогнозирование теплопроводности // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сибирский федеральный университет. Красноярск, 2011. 22 с.

Студент 2 курса 31 группы ИПГС Нижегородов Д.И.

Научный руководитель - доц. каф.СМ, канд. техн. наук, доц. А.Д.

Жуков

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВОВ, СВОЙСТВ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ ИЗОЛЯЦИИ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

Системы отделки и изоляции строительных конструкций начали активно внедряться в отечественное строительство с 90х годов прошлого века; к этому же времени относится начало развития индустрии эффективных теплоизоляционных изделий. Основой систем изоляции в настоящее время являются плитные изделия на основе каменной ваты, экструзионного пенополистирола и пенополиизоцианурата. Все эти изделия имеют присущие только конкретному материалу особенности и одну общую связанную с их формой.

Плиты на основе вспененных пластмасс имеют практически нулевое водопоглощение, что обеспечивает стабильность теплопроводности (кстати меньшей, чем у плит на основе каменной ваты). Но изделия этой группы являются горючими, а некоторые из них (например, пенополиизоцианурат) при горении выделяют сильно токсичные вещества. Поэтому при проектировании конструкций в обязательном порядке учитывают особенности этих материалов.

Особенность формы связана с тем, что изделия изготавливают в виде плит и в некоторых случаях с Г-образной кромкой. Плоская поверхность или Г-образная кромка не позволяет полностью исключить потери тепла на стыках плит или в местах их контакта с элементами конструкции, что предполагает возникновения областей повышенных потерь тепла (рис. 1), так называемых мостиков теплопередачи, а это в конечном итоге снижает термическую эффективность изоляционной оболочки.

В первые десятилетия нового тысячелетия был разработан новый эффективный теплоизоляционный материал на основе вспененных олефинов – вспененный полиэтилен или пенополиэтилен. Его свойства близки к свойствам традиционных вспененных пластмасс за одним исключением: с его помощью стало возможным формирование бесшовных изоляционных оболочек [1, 2]. Последовательность формирования бесшовной изоляционной оболочки представлена на рис. 1. Последовательность формирования бесшовной изоляционной оболочки следующая. Лист рулонного пенополиэтилена разворачивают на изолируемой конструкции и механически закрепляют на ней. Следующий лист закрепляют так, чтобы формировалось Г-образное соединение (то есть с нахлестом) и далее осуществляется сварка листов строительным феном. С учетом того, что пенополиэтилен имеет

водопоглощение, водо- и паропроницаемость близкими к нулю, то происходит формирование универсальной изоляционной оболочки по всем четырем характеристикам [3-5].

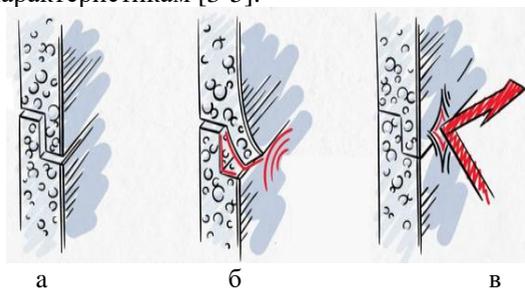


Рис. 1. Схема устройства изоляционной оболочки: а – формирование соединения в «замок»; б – сварка отдельных листов пенополиэтилена по шву горячим воздухом; в – бесшовная изоляционная оболочка

Материал имеет достаточно высокую прочность при сжатии, причем в условиях внешних нагрузок за счет фактора бесшовной оболочки сопротивляемость материала внешним механическим нагрузкам значительно возрастает (срабатывает эффект обоймы). Это делает возможным применение изоляционных оболочек в системах полов по грунту и при изоляции плоской кровли как промежуточного слоя с заливкой армированных стяжек поверх изоляционного слоя, а также в системах инверсионной, в том числе эксплуатируемой кровли. При изоляции хозяйственных построек, а именно бескаркасных складских помещений, хранилищ сельхозпродуктов, гаражей и помещений для животных изоляция, как правило осуществляется изнутри помещений.

Материал интересен еще и тем что имеется возможности использования вторичного полиэтилена. Исследование свойств образцов несшитого пенополиэтилена с добавкой вторичного полиэтилена и антипиренов осуществлялось в соответствии нормативными документами. Задачи, сформулированные подобным образом, относятся к задачам оптимизации или интерполяции. Методология эксперимента разработана в НИУ МГСУ и реализуется в программном комплексе для ЭВМ G-BAT-2011.

Методология эксперимента включает проведение исследований на двух уровнях (двух этапах): осуществление активного эксперимента, получение базовых полиномов и проведение аналитической оптимизации; интерполяции результатов и решения оптимизационных задач; графической интерпретации оптимизированных моделей. На основе оптимальных ротатабельных планов осуществляет планирование эксперимента, построение квадратичных уравнений и их интерполяционные решения, аналитическая оптимизация.

Эксперимент по оценке свойств пенополиэтилена по отношению к огневому воздействию проводился на основе полного трехфакторного плана с последующей проверкой статистических гипотез, аналитической оптимизации и графической интерпретацией результатов. В качестве модификатора использовался малиновый ангидрит. В исследованиях использовался антипирен и экзотермический нуклеатор Foaming Agent Masterbatch 19070029 с температурой разложения 170–190 °С. Вспенивание осуществлялось введением углекислого газа. В качестве параметра оптимизации принят кислородный индекс, как отклик, характеризующий условия возгорания пенополиэтилена.

Пенополиэтилен и системы его монтажа являются достаточно новыми, но применение их постоянно расширяется, в том числе и в направлении сохранения холода: в холодильниках, при изоляции крытых ледовых площадок, для сохранения снега в межсезонье. Получение материала пониженной горючести расширит возможности его применения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жуков А.Д., Тер-Закарян К.А., Бессонов И.В., Семенов В.С., Старостин А.В. Системы строительной изоляции с применением пенополиэтилена // Строительные материалы. 2018. № 9. С. 58–61.

2. Умнякова Н.П., Цыганков В.М., Кузьмин В.А. Экспериментальные теплотехнические исследования для рационального проектирования стеновых конструкций с отражательной теплоизоляцией // Жилищное строительство. 2018. № 1-2. С. 38–42.

3. Bessonov I.V., Ter-Zakaryan K.A., Zhukov A.D., Mednikova E.A. Energy-Saving Seamless Insulation Systems for Frame Buildings Using Foamed Polyethylene // Regional energy problems (Problemele energeticii regionale). Electronic edition. Kishinev. 2020. No. 4. DOI: 10.5281/zenodo.

4. Ter-Zakaryan K. Ar., Zhukov Al. D. Short Overview of Practical Application and Further Prospects of Materials Based on Crosslinked Polyethylene. In: Thomas J., Thomas S., Ahmad Z. (eds) Crosslinkable Polyethylene. Materials Horizons: From Nature to Nanomaterials. 2001. Springer, Singapore. DOI:10.1007/978-981-16-0514-7_12.

5. Ter-Zakaryan K. A., Zhukov A. D., Bobrova E. Yu., Bessonov I. V., Mednikova E. A. Foam Polymers in Multifunctional Insulating Coatings // Polymers. 2021. 13(21). 3698. DOI: 10.3390/polym13213698.

Студент магистратуры 1 года обучения 31 группы ИПГС Николаев Д. Р., Коротун М. Л.

Научные руководители – доц. каф.СМ, канд. техн. наук, доц. А.Д. Жуков, асп. каф.СМ Бекеле Арега Демиссе

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЛЕГКОГО ШТУКАТУРНОГО ПОКРЫТИЯ

Ориентация на сбережение энергии как на стадии производства, так и на стадии реализации строительных объектов становится одним из основных векторов современного технологического развития. Вулканические материалы широко используются в производстве смешанного гидравлического вяжущего. вулканический туф-скория является добавкой, обладающей комплексным воздействием [1, 2]. Во-первых, это, в тонкомолотом состоянии (удельная поверхность 300-400 м²/кг) активный минеральный компонент, содержащий аморфный кремнезем и обладающий пуццолановой активностью. Во-вторых, за счет частично открытой пористости вулканический туф может поглощать до 12% воды затворения, что обеспечивает внутренний уход за твердеющим минеральным гидравлическим вяжущим.

Использование туф-скория в составе минерального вяжущего позволяет сократить расход дорогостоящего портландцементного клинкера и получать изделия широкой номенклатуры, в том числе и легких штукатурных смесей для наружных работ с повышенной долговечностью, стойкостью к агрессивным средам, а также с широким температурным диапазоном применения.

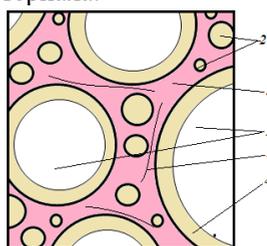
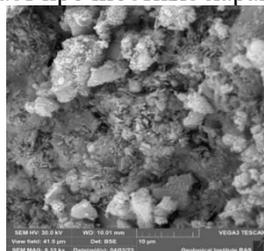
Штукатурные смеси на основе вулканического туфа, в том числе легкие и теплоизоляционные по своим основным структурным характеристикам относятся к группе материалов, получивших общее название текстиль-бетоны, к которым также относят текстиль-армированный бетон; текстиль-усиленный бетон и бетонное полотно. Армирование этих изделий как правило осуществляется за счет применения щелочестойких сеток, но также существуют решения, основанные на применении дисперсного армирования [3-5].

Значимыми элементами структуры штукатурного покрытия, определяющие его свойства, являются: зерна туфа-скория фракции 1,2–2,4 и фракции 0,2–0,4; композиционное гидравлическое вяжущее (матрица, формирующая прочностные свойства); область проникновения вяжущего в частицы туфа-скория (определяет когезионные связи и прочность при изгибе); содержание и равномерность распределения армирующего компонента.

На прочностные показатели материала зернистой структуры влияют активность и расход вяжущего, плотность цементного камня, структура новообразований, сила их сцепления между собой и с поверхностью заполнителя.

Таким образом в штукатурном материале на основе вулканического туфа имеют место быть две матрицы: сцементированные гранулы легкого мелкого заполнителя и прослойка вяжущего (поризованная и содержащая легкий наполнитель), формирующая основной каркас, обеспечивающий прочностные характеристики. На стадии приготовления смеси часть воды затвердения иммобилизуется (впитывается) как поверхностью частиц мелкого заполнителя (измельченного туфа) и тонкомолотым туфом, содержащимся в модифицированном вяжущем. По мере гидратации, дефицита влаги не наблюдается так как зерна туфа за счет градиента разности концентраций отдают часть влаги в гидратирующуюся систему.

В цементном (бетонном) камне обе матрицы соединяются адгезионно и когезионно и формируют двойной пространственный каркас, что повышает прочностные характеристики материала.



а

б

Рис. 1. Структура штукатурной смеси: а- микрофотография; б – структурная модель; 1 – зерна туфа-скория фракции 1,2–2,4; 2 – зерна туфа-скория фракции 0,2–0,4; 3 – композиционное вяжущее (матрица, несущий каркас); 4 – зона проникновения вяжущего (цементной суспензии) в частицы туфа-скория; 5 – армирующий компонент

Значимыми элементами структуры штукатурного покрытия, определяющие его свойства, являются: зерна туфа-скория фракции 1,2–2,4 и фракции 0,2–0,4; композиционное гидравлическое вяжущее (матрица, формирующая прочностные свойства); область проникновения вяжущего в частицы туфа-скория (определяет когезионные связи и прочность при изгибе); содержание и равномерность распределения армирующего компонента.

Таким образом в штукатурном материале на основе вулканического туфа имеют место быть две матрицы: сцементированные гранулы легкого мелкого заполнителя и прослойка вяжущего, формирующая

основной каркас, обеспечивающий прочностные характеристики. Обе матрицы соединены адгезионными (и когезионными) контактами и обе вносят вклад в формирование прочностных характеристики материала. Условие сохранения целостности материала с учетом значений тангенциальных и нормальных напряжений при нагружении (σ_t, σ_n), отношения площадей матрицы в наименьшем сечении к общей (S_t и S_{Σ}), а также плотностей цементного камня в обычном и уплотненном состоянии (d_{Σ} , $d_{\Sigma 0}$) при активности вяжущего (R_{Σ}); диаметра и удельной прочности контакта (D_k , σ_k) и степени отклонения структуры от гексагональной (α') может быть представлено зависимостями:

$$\sigma_t \leq \frac{S_{\Sigma}}{S_t} \times \frac{d_{\Sigma k}^0}{d_{\Sigma k}} \times R_{\Sigma} \quad (1)$$

$$\sigma_n \leq \sigma_k \times \frac{\pi}{4} \times D_k^2 \times \alpha' \quad (2)$$

Штукатурные смеси на основе вулканического туфа востребованы в регионах с теплым или резко континентальным климатом, характеризующимся высокими температурами днем и низкими ночью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жуков А.Д., Попов И.И., Ефимов Б.А., Демиссе Б.А., Белканов В.В. Оптимизация составов фасадных штукатурок на основе модифицированного вяжущего // Известия вузов. Строительство. 2022. №5. С. 57-66. DOI: 10.32683/0536-1952-761-5-57-66
2. Жуков А.Д., Бессонов И.В., Кулапин А.В., Медведев А.А. Демиссе Б.А., Поудел Р.С. Фасадные штукатурные системы с применением модифицированного вяжущего // Строительные материалы. 2022. № 11. С. 37–41. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-808-11-37-41>
3. Scherer, S., Michler, H., Curbach, M. Brücken aus Textilbeton. Handbuch Brücken: Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten. 2014. Pp. 118-129.
4. Curbach M., Graf W., Jesse D., Sickert J.U., Weiland S. Segmentbrücke aus textiltbewehrtem Beton - Konstruktion, Fertigung, numerische Berechnung. Beton- und Stahlbetonbau. 2007. 102(6). Pp. 342-352.
5. Schladitz F., Lorenz E., Jesse F., Curbach M. Verstärkung einer denkmalgeschätzten Tonnenschale mit Textilbeton. Beton- und Stahlbetonbau. 2009. 104(7). Pp. 432-437.

Студент 2 курса 32 группы ИПГС Пиримкулов И. Е.

Студент 2 курса 32 группы ИПГС Малышев Н. С.

Научный руководитель – доц. каф.СМ, канд. техн. наук, доц.. А.С.

Пилипенко

ПЕНОКЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ

Задача создания новых теплоизоляционных материалов, обладающих повышенными по сравнению с традиционными материалами прочностными характеристиками, пожаробезопасностью, экологичностью и долговечностью, является актуальной в современном строительстве. Одним из вариантов дальнейшего совершенствования теплоизоляции фасадов можно считать пенокерамические материалы. Такие материалы обладают высокой прочностью, химической стойкостью, тепло- и звукоизолирующей способностью. Получаются они на основе высокорективного аморфного природного кремнезема в виде диатомита, опоки или трепела. Разведанные месторождения указанных осадочных пород сосредоточены, в основном, в России и Казахстане. Высокая жаростойкость пенокерамических материалов предполагает их использование в керамических пористых огнеупорах, но и работы по применению пенокерамики для фасадных решений в настоящее время ведутся активно.

Пенокерамические материалы представляют собой отвердевшую каким-либо образом пену и применяются не только в строительстве, но и в иных отраслях промышленности в качестве фильтров воздушного загрязнения, субстратов для каталитических процессов в химии и т.п., благодаря своей большой удельной поверхности. Эти материалы могут быть изготовлены с пористостью 94-96% по объему и воспринимать температуру до 1700 °С. Поскольку многие керамические изделия уже представляют собой оксиды или другие инертные соединения, опасность окисления или восстановления материала невелика [1-3]. Структура пенокерамического материала представлена на рисунке 1.

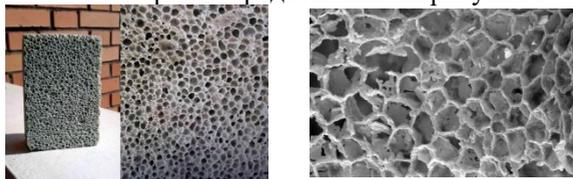


Рис. 1. Структура пенокерамических материалов

Одним из первых и до сих пор наиболее распространенных методов создания пенокерамических материалов является метод полимерной губки. Полимерную губку покрывают глинистой суспензией, и после прокатки (чтобы обеспечить заполнение всех пор) губку с покрытием сушат и подвергают пиролизу для разложения полимера, оставляя только

пористую структуру высушенной глины. Затем пену необходимо спекать для окончательного уплотнения. Этот метод широко используется, поскольку он эффективен для любой керамики, которую можно суспендировать; однако выделяется большое количество газообразных побочных продуктов, и растрескивание из-за различий в коэффициентах теплового расширения является обычным явлением. Существуют также методы прямого вспенивания. Эти методы включают нагнетание воздуха в суспендированную керамику перед отверждением и спеканием. Это сложно, поскольку влажные пены термодинамически нестабильны и после схватывания могут образовывать очень большие поры. Недавно также был разработан метод создания пенооксида алюминия [4]. Пенокерамические материалы в строительстве используются в разных областях, например, в качестве конструктивно-теплоизоляционных элементов стен и крыш с высокой прочностью. Наиболее распространены такие изделия в строительстве Китая, они хоть и эффективны, но очень дороги. Основные свойства пенокерамических материалов по сравнению с применяемыми утеплителями представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные свойства пенокерамических материалов по сравнению с более традиционными утеплителями [5]

Показатели	EPS					Пенокерамическая панель
	XPS (ЭППС)	ППУ	Газоблок	Минвата	Пеностекло	
Плотность (kg/cm ³)	22	40-160	300-500	56-210	190 макс.	250-280
Теплопроводность (w/mK)	0,041	0,019 - 0,040	0,093-0,127	0,036	0,083-0,110	0,08-0,10
Прочность на сжатие (МПа)	0,1	0,4	0,4-1,2	0,1	0,7	2,1
Водопоглощение (%)	>0,4	2,5	20-30	1,5	5	0,5
Класс огнестойкости	Г3-Г4	Г3	НГ	НГ	НГ	НГ
Срок службы	25 лет	15 лет	50 лет (заявлено)	50 лет (заявлено)	50 лет (заявлено)	Свыше 50 лет

По нашему мнению, наиболее эффективно использовать такие материалы в качестве фасадных теплоизоляционных материалов. Такие решения уже отработаны промышленностью России. Для применения на

фасаде выпускаются навесные фасадные плиты малой средней плотности. Преимуществом таких плит являются высокая технологичность обработки – их можно пилить для получения нужной формы, высокое термическое сопротивление и прочность, они не гниют и не горят. Плиты можно приклеивать к стене клеем, прикручивать металлическими крепёжными элементами, порывать штукатуркой. Пенокерамику можно считать экологически чистым материалом. Однако недостатками пенокерамических плит являются низкая паропроницаемость – стены с такими плитами не «дышат» и надо обязательно устраивать принудительную вентиляцию, также плиты всё-таки дорого стоят. Тем не менее, там, где выполняются все указанные выше условия, применение таких плит позволяет эксплуатировать фасады без ремонта долгое время.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Китайцев В. А.* Технология теплоизоляционных материалов. Учебник для вузов. — М.: Издательство литературы по строительству, 1970. — 384 с.
2. *Будников П. П., Полубояринов Д. Н.* Химическая технология керамики и огнеупоров: Учебник для студентов химико-технологических специальностей вузов. — М.: Издательство литературы по строительству, 1972. — 553 с.
3. *Горлов Ю. П.* Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий: Учебник для вузов по специальности «Пр-во строит. Изделий и конструкций». — М.: Высшая школа, 1989. — 284 с. — ISBN 6-06-000155-5
4. Ceramic foam, материалы с сайта Wikipedia.org, https://en.wikipedia.org/wiki/Ceramic_foam, дата обращения 27.02.2024.
5. Сайт компании Ceralite, <https://ceralite.ru>, дата обращения 27.02.2024.

Студентка магистратуры 1 года обучения 31 группы ИПГС Сковцова А.А.,

Студент 2 курса 31 группы ИПГС Близнюк В.Д.

Научный руководитель – доц. каф. СМ, канд. техн. наук, доц. И.В. Степина

ОГНЕЗАЩИТА ТВЕРДОЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ НАПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

Твердолиственные породы древесины, например такие, как дуб, бук, граб, ясень, клён, используют для создания напольных покрытий. Напольные покрытия из твердолиственных пород древесины могут быть выполнены в различных вариантах. Далее перечислены некоторые из них. Паркет – это классический вариант напольного покрытия из твердолиственных пород древесины, рисунок 1. Паркет может быть выполнен в виде досок или планок, которые укладываются на пол. Паркет может быть обработан различными способами, чтобы придать ему дополнительную защиту от влаги и износа. Массивная доска – это напольное покрытие, которое выполнено из цельного куска древесины, рисунок 1. Массивная доска обладает высокой прочностью и долговечностью, а также может быть выполнена в различных цветах и оттенках. Паркетная доска – это напольное покрытие, которое состоит из нескольких слоев древесины, склеенных между собой, рисунок 1. Паркетная доска обладает высокой прочностью и долговечностью, а также может быть выполнена в различных цветах и оттенках. деревьев, которые отличаются высокой плотностью и твердостью древесины. К ним относятся такие породы, как дуб, бук, ясень, граб, клен и другие [1].

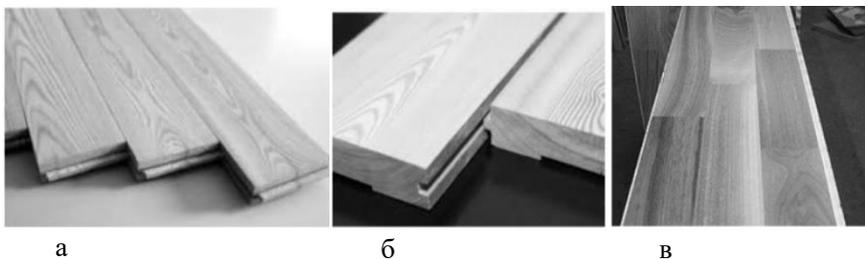


Рис. 1. Различные виды напольных покрытий из древесины: а. штучный паркет; б. массивная доска; в. паркетная доска

Огнезащитное покрытие для твердолиственных пород древесины может быть использовано на различных этапах напольных покрытий. Однако, наиболее эффективным является использование огнезащитного покрытия на этапе производства напольного покрытия.

На этапе производства напольного покрытия из твердолиственных пород древесины, огнезащитное покрытие может быть нанесено на поверхность древесины перед ее обработкой. Это позволяет обеспечить максимальную защиту от огня и предотвратить распространение пламени в случае пожара.

Поскольку древесина твердолиственных пород имеет высокую плотность, а также характеризуется низкой пористостью и капиллярностью, то применение традиционных солевых антипиренов в данном случае будет затруднено. Они не смогут глубоко проникнуть в структуру древесного композита из-за его высокой плотности и будут скапливаться на поверхности. Это приведет к их ускоренному вымыванию под действием факторов внешней среды. В этой связи наиболее рационально использовать реакционноспособные антипирены, образующие химические связи с подложкой за счет взаимодействия с гидроксильными группами основных компонентов лигно-углеводного комплекса (ЛУК) клеточных стенок древесины – целлюлозы и лигнина. К таким антипиренам относятся составы на основе фосфорорганических соединений (ФОС), а также боразотные соединения (БАС).

В работе [2] исследовали влияние моно- и диэтаноламиноборатов на термическое разложение древесины в атмосфере воздуха. В ходе исследования было установлено, что разработанные композиции, основными компонентами которых являются борно-азотные соединения, эффективно снижают горючесть древесных материалов, подавляют тление и уменьшают скорость горения древесины. При модификации древесины БАС снижается величина потери массы подложки при горении и повышается температура терморазложения основных компонентов ЛУК. На основе корреляционного и регрессионного анализа получена и обоснована регрессионная модель зависимости энергии активации от конверсии. Представленная полулогарифмическая модель может быть в дальнейшем применена для прогнозирования зависимости величины энергии активации процесса термического разложения модифицированной древесины от степени конверсии.

В работе [3] исследован широкий спектр антипиренов. В результате работы авторы пришли к следующим выводам. Абсолютного способа защитить древесину от открытого пламени наукой до сих пор не изобретено. Все имеющиеся средства позволяют лишь замедлить воспламенение и дать выигрыш во времени, чтобы ликвидировать огонь. Основной метод защиты основан на введении в древесину достаточного количества химического вещества - антипирена. Защитное воздействие антипиренов может быть активным и пассивным. Действие основано на сочетании физических и химических процессов, возникающих под

действием открытого огня на древесину. Легкоплавкие вещества, которые входят в состав антипиренов (соли борной кислоты, соли фосфорной и кремниевой кислот) плавятся. Вследствие оплавления в виде пленки на поверхности деревянного элемента, образуется негорючая корка, что ограничивает доступ кислорода. На плавление антипирена расходуется значительное количество тепла. Для воспламенения дерева тепловой энергии недостаточно, так как происходит повышение общей термостойкости конструкции. При разложении газообразующих веществ выделяются аммиак или сернистый газ. Горение эти летучие вещества не поддерживают. Разложение солей приводит к выделению негорючих газов, оттесняющих кислород от древесных поверхностей, и препятствующих горению. Антипиреновые составы на основе фосфорорганических соединений (ФОС), при контакте с огнем вспучиваются, образуя на поверхности древесины защитную вспененную оболочку. Дополнительный защитный слой образуют газы, которые выделяются при этом. Пенистая «шуба» препятствует контакту поверхности дерева с пламенем и замедляет распространение огня [4, 5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бирман А. Р., Белоногова Н. А., Локишанов Б. М., Соколова В. А., Черных Л. Г., Валиева К. Л., Кривоногова А. С. К вопросу о напольных покрытиях из древесины // Научно-техническая конференция института технологических машин и транспорта леса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета по итогам научно-исследовательских работ 2017 года. 2018. С. 212-220.

2. Stepina, I.; Zhiglova Y. Thermal decomposition of mono- and diethanolamineborate modified wood in air atmosphere // Cellulose chemistry and technology. – 2023. – 57 (7-8), pp. 687-698. DOI:10.35812/CelluloseChemTechnol.2023.57.62

3. Мнускина Ю. В., Рудненский А. П. Средства огнезащиты древесины // Пожарная и техноферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. – 2021. – № 2(9). – С. 258-263.

4. Котенева И. В. Боразотные модификаторы поверхности для защиты древесины строительных конструкций: монография // ГОУ ВПО Моск. гос. строит. ун-т. М.: МГСУ. – 2011.

5. Котенёва И. В., Сидоров В. И., Котлярова И. А., Кононов Г. Н. Термодеструкция древесины в присутствии боразотных соединений // Вестник МГСУ. 2010. №. 2. С. 198-202.

Студенты 1 курса 32 группы ИПГС Табакова Д.А., Дерезина-Захарова М.И.

Научный руководитель – доц каф.СМ.,канд.хим.наук, доц. О.В. Земскова

ДЕКОРАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. ИСКУССТВЕННЫЙ МРАМОР

Только правильный подбор материалов может обеспечить высокое качество отделки и облицовки здания. Одним из наиболее популярных материалов при отделке интерьеров является искусственный гипсовый камень – мрамор, который имеет целый ряд положительных качеств.

Штукатурка или искусственный камень с полированной поверхностью, называют мрамором, который изготавливается из минерального вяжущего, в нем присутствуют пигменты (красители) и иногда добавляются заполнители (мраморная мука). Поверхность имитирует естественные декоративные полирующие породы камня: мрамор различных месторождений, малахит, орлец, яшму, гранит и др (рис.1) [1].



Рис.1. Имитация камня

Работа по изготовлению искусственного мрамора, может быть выполнена в условиях стройки и на стационарном производстве, она открывает перед производителями возможность получения новых технологий и не требует затрат на материалы.

В настоящее время используют два основных типа искусственного мрамора: 1) оселковый 2) утолщенный. Они различаются между собой по составу материалов и по способу изготовления, но при этом они являются достаточно отличными друг от друга.

Оселковый мрамор делается из гипса, но может быть сделан из поргландцемента (получают его тонким измельчением клинкера и гипса. $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ и $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ 70-80 % и магнезиального цемента. Искусственный мрамор, изготовленный из поргландцемента, обладает большой прочностью, водостойкостью и способностью более длительное время сохранять полировку по сравнению с другими видами искусственного мрамора [3]. Оселковым мрамор называется по той причине, что зеркального блеска и полировки добиваются при помощи набора каменных абразивных инструментов – оселков.

Оселковый искусственный мрамор разделяется на следующие виды:

по характеру рисунка:

- цветной (однотонный)
- многоцветный, с зернистым разноцветным рисунком полированного гранита и мрамора.
- разнотонный и многоцветный, с рисунком природных мраморов и других декоративных пород.
- орнаментальный, из растворов разного цвета в виде художественной композиции.

по технике составления раствора:

- насыпной – для сложных рисунков мрамора
- раздельный - при щитовом или лопаточном нанесении
- обычный штукатурный

по способу нанесения:

- щитовой
- упрощенно-технологический
- лопаточный, по шаблонам для рисунка с орнаментом
- прорезной для сложной инкрустации
- штукатурный для однотонных отделок.

Текстура гипсового оселкового мрамора получается путем введения в раствор для фона цветных гипсовых составов, образующих прожилки, а не наведением рисунка на поверхности. Благодаря этому его легко реставрировать снятием, остружкой или шлифовкой поверхности, сохраняя первоначальную текстуру и цвет (рис.2) [1,3].

Утюжный мрамор - это вид известковой штукатурки высокого качества. Ее сырая поверхность которая после покрыта эмульсией и с нанесенным рисунком полируется до зеркального блеска [4,5]. Мрамор название «утюжный» получил из-за применения специальных горячих утюжков, применение которых дает блеск его поверхности. Текстуру поверхности утюжного мрамора, в виде тонкой пленки, получают путем разрисовки цветными известково-мыльными эмульсиями по гладкой, заранее подготовленной, поверхности штукатурки. Кроме разделки под

мрамор, на поверхности штукатурки может быть выполнен рисунок орнамента.



Рис.2. Процесс шлифовки мрамора

Искусственный мрамор применяется для отделки внутреннего интерьера, включая стены, перегородки, колонны, пилястры, а также для создания архитектурных элементов, таких как карнизы, балясины, капители. Гипсовый мрамор, в свою очередь, находит свое применение преимущественно в регионах с сухим климатом из-за своей неустойчивости к влаге.

Искусственный мрамор придает интерьеру и экстерьеру особую роскошь и выразительность, делая их более торжественными. Его зеркальная поверхность меньше склонна к загрязнению пылью по сравнению с другими видами отделки, что обеспечивает его долговечность и экономичность в обслуживании.

Таким образом, использование искусственного мрамора позволяет сохранить исходный вид интерьера на долгие годы, не требуя частого обновления, что делает его привлекательным выбором для тех, кто ценит красоту и практичность в дизайне помещений [2]. Мрамор, созданный искусственно, может быть произведен на производственном предприятии или в мастерской в форме отдельных плит или архитектурных элементов и использован в строительстве для отделки способами, аналогичными установке плит из натурального камня.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Симановский П.С.* Искусственный мрамор. М.: Госиздат по архитектуре и строительству. 1950. 106 с.
2. *Нестерова Д.В.* Внутренняя отделка. Современные материалы и технологии. М. 2008. 320 с
3. *Кривенко В.В., Д.В. Овчининский Д.В., Вайштейн М.М., Бурьянов А.Ф., Гончаров Ю.А.* Оселковый мрамор: древние традиции и современные технологии // *Строительные материалы.* 2008. 8. С.16-18.
4. *Элинсон М.П.* Отделочный высокопрочный гипс в архитектуре. М.: Академия архитектуры СССР, 1940. С.54.
5. *Li Y., Ren S.* Building Decorative Materials. 2011.

Студент 2 курса 13 группы ИГЭС Хрыков М. М.

Научный руководитель – доц каф.СМ., канд. техн. наук, О. Б. Ляпидевская

РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ БЕТОНОВ С СИЛИКАТОСОДЕРЖАЩИМИ КРУПНЫМ И МЕЛКИМ ЗАПОЛНИТЕЛЯМИ

Главным сооружением атомной электростанции любой мощности является непосредственно реакторное отделение. Для защиты рабочего персонала групп А и Б от ионизирующего излучения, образующегося при делении урана-235 в активной зоне, требуется разработать эффективную биозащиту, способную значительно ослабить быстрые нейтроны с энергией до 20 МэВ, а также рассеять гамма-излучение.

Для таких целей используются особо тяжёлые бетоны, $\rho > 2500 \text{ кг/м}^3$. При выборе компонентов бетона для защиты от радиационного воздействия необходимо учитывать следующие факторы:

1) Для ослабления быстрых нейтронов требуется использование элементов с малым атомным номером (водород, литий, бериллий, бор), чтобы нейтроны теряли больше энергии при упругом взаимодействии.

2) Для рассеяния гамма-излучения - использование элементов с большим атомным номером (титан, железо, хром), чтобы увеличить шанс взаимодействия электромагнитной волны с атомом.

Рассмотрим распространённый состав сверхтяжёлого бетона [1]:
вяжущее: портландцемент – смесь тонкодисперсного клинкера, включающего 47% диоксида кремния (SiO_2) и 5% гипса от массы смеси;
крупный заполнитель: гематит, лимонит и стальной скрап, а также силикатосодержащие гранит и гранодиорит $\rho \geq 2700 \text{ кг/м}^3$; *мелкий заполнитель*: кварцевый песок; *вода*; *добавки* (регуляторы кинетики твердения, повышающие физико-механические свойства бетонов) $< 1\%$.

Из состава видно, что процент содержания кварца в сверхтяжёлом бетоне может достигать 50%. Кварц состоит из атома кремния и 2 атомов кислорода, что в теории должно положительно влиять на радиационную стойкость бетонов. Однако проведённые исследования из разных стран в области изменения физических и химических свойств минералов и горных пород под воздействием ионизирующего излучения показали, что силикатные минералы и силикатосодержащие горные породы являются наименее радиоустойчивыми.

В России крупнейшей работой, посвященной данной теме, является пособие «Радиационная стойкость минеральных и полимерных строительных материалов», в котором представлено обобщение разрозненных экспериментов, посвящённых радиационным изменениям [2]. Стоит отметить, что все минералы при облучении быстрыми

нейтронами подвержены вспучиванию в определённой степени; карбонатные минералы вспучиваются на 1-5% от начального объёма из-за образование микротрещин на молекулярном уровне, а силикатные минералы испытывают радиоаморфизацию – переход кристаллической решётки из α -состояния в β с увеличением объёма до 20% от начального. Такое увеличение кварца в объёме крайне негативно влияет на физические свойства бетонов. Модуль Юнга и прочность на сжатие уменьшаются почти экспоненциально с нарастанием объёма – эквивалентно нарастанием флюенса ионизирующего излучения и числа смещённых атомов (рис. 1)[2].

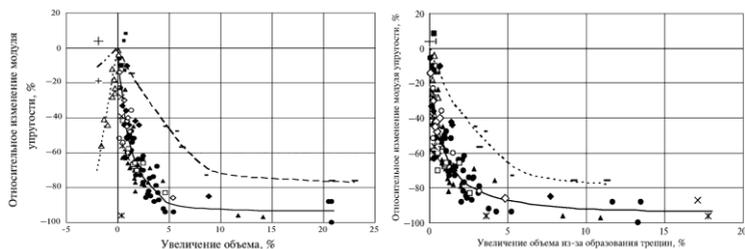


Рис.1. Зависимость модуля Юнга и прочности на сжатие от увеличения объёма гранитных горных пород

В 2017 г. японские ученые подтвердили и дополнили результаты работы Денисова А.В. [3]. Они поместили различные по силико-содержанию образцы бетона в норвежский ядерный реактор JEER II и потом сравнили их с необлученными «холодными образцами» и нагретыми для испарения воды из пор «горячими образцами». Были получены следующие результаты. 1) При излучении образцов высокой влажности быстрыми нейтронами происходит интенсивный радиолиз воды и образование газа H_2 и O_2 , но газа O_2 было зафиксировано меньше, чем в ожидаемом соотношении 2:1, что привело к выводу: кислород участвовал в реакции на образование октагидрата пероксида кальция ($CaH_{16}O_{10}$), что может привести к образованию лишних напряжений на границах между цементом и минералами. 2) Подтверждена экспоненциальная зависимость изменения прочности при сжатии и модуля упругости при нарастающем флюенсе быстрых нейтронов (рис. 2). 3) При облучении образцов бетонов гамма-излучением было выявлено, что энергия гамма-излучения не достаточна для выбивания атомов из решёток, но поглощенные атомами гамма-волны нагревают образцы с нарастанием флюенса. Нагрев образцов $>100^\circ C$ приводит к активной дегидратации бетона, что влечёт за собой негативные последствия осушения, в особенности в молодом возрасте – нарушение процесса набора прочности со временем [3]. 4) Выявлена проблема

нехватки тестовых образцов для качественного определения зависимостей между радиационными дефектами и физическими свойствами материалов для практического применения в строительстве.

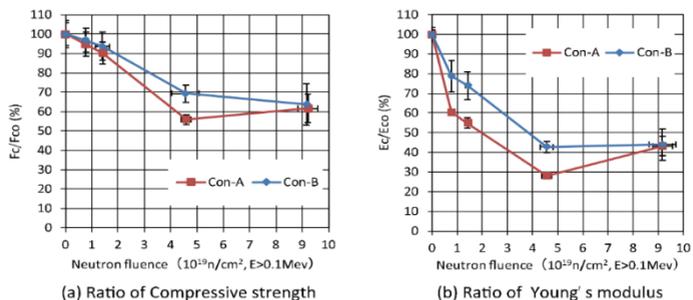


Рис. 2. Зависимость прочности на сжатие и модуля Юнга от флюенса быстрых нейтронов

Как показало большинство работ, данная область исследований строительных материалов является актуальной в России и за рубежом [4, 5]. Традиционная диагностика бетонных конструкций атомных электростанций, подходящих к концу сроков эксплуатации, может не выявить всех дефектов, индуцированных ионизирующим излучением, т.к. для этого требуется применение сверхточных методов – молекулярной электронной спектроскопии (МЭС) или позитронно аннигиляционной спектроскопии (ПАС). Продление срока службы атомной электростанции ведет к увеличению риска аварии в зоне реактора. Повышение точности расчёта радиационных изменений в строительных материалах способно увеличить точность расчёта срока службы атомных электростанций и уменьшить риск катастрофы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 70222-2022 Бетоны особо тяжелые. Технические условия.
2. Денисов А.В., Дубровский В.Б., Соловьев В.Н. Радиационная стойкость минеральных и полимерных строительных материалов. – Москва, Издательский дом МЭИ. 2012. 386 с.
3. Maruyama I., Kontani O., Takizawa M. et al. A numerical model for concrete strength change under neutron and gamma-ray irradiation// Advanced Concrete Technology. 2017. 15. p. 440–523.
4. Кулагина Т.А., Кулагин В.А., Попков И.А. Компаундирование отработавшего ядерного топлива //Журнал СФУ. Техника и технологии. 2016. 9 (2). с. 280-295.
5. Скачек М. А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС. – Москва, Издательский дом МЭИ. – 2007, 448 с.

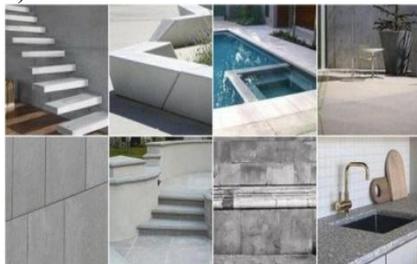
АРХИТЕКТУРНЫЙ БЕТОН. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ.

В настоящее время архитектурный бетон нашёл широкое применение в строительстве, а в частности для создания декоративных элементов и отделки зданий и сооружений.

Бетон как строительный материал известен с древнего Рима, где применяли его для строительства амфитеатров, домов и акведуков. Понятие «Архитектурный бетон» стало появляться в прошлом веке, когда стали применять его для изготовления элементов декора, отделки зданий и сооружений [1,2]. Современные технологии и добавки позволяют производить бетон различных текстур, фактур и цветовых оттенков, это расширяет область применения архитектурного бетона.

В современном строительном мире архитектурный бетон еще называют декоративным, артбетоном, архбетоном и художественным бетоном. Это искусственный каменный материал, состоящий из песчано-цементной смеси, различных добавок и пигментов. Добавки вводят в состав бетона для регулирования свойств и технологических параметров (уровня прочности, пластичности, стойкости к перепадам температур и влаги, время твердения и т.д.), а пигмент для достижения нужного цвета (рис.1) [3,4].

а)



б)



Рис. 1. Применение архитектурного бетона: а) изделия для отделки зданий, бассейнов, лестниц, столешниц и тд, б) панно из элементов архитектурного бетона

Основной задачей архитектурного бетона является сочетание прочности и долговечности мелкозернистого бетона с архитектурной выразительностью, заключённой в различных текстурах, формах и цветовой гамме [2,5]. Для придания визуально привлекательного вида и разнообразных декоративных эффектов изделиям их архбетона, их поверхности отделывают и обрабатывают различными способами (деактивация, механические и химические обработки, шлифовка,

прокатка и тд.). На ряду с требованиями, которые предъявляются к обычному бетону по прочности и стабильности конструкций, к архитектурному ещё и по внешнему виду, где важна эстетическая составляющая.

В зависимости от применяемого состава смеси, свойствам, способам формирования различают следующие виды архитектурного бетона: 1. Геометрический (для создания обычных монолитных конструкций в опалубке, в работе схож со строительством из простого мелкозернистого бетона) 2. Декоративный (для отделки готовых конструкций, с использованием различных инструментов и технологий), 3. Скульптурный – для создания объёмных декоративных композиций. Отличается повышенной пластичностью, стойкостью к внешним воздействиям, длительным твердением (чтобы можно было доработать что-то в процессе). Процесс производства скульптур простой: создают каркас, обтягивают сеткой, на неё наносят бетон, после лёгкого схватывания инструментами и руками создают форму.

Преимущества и недостатки архитектурного бетона. Благодаря специфическим характеристикам и свойствам архитектурного бетона удаётся расширить сферу его применения, снизить стоимость многих работ и процессов, а также реализовать разнообразные задачи.

К основным преимуществам архитектурного бетона относят:

- мелкозернистая плоская структура, которая хорошо поддаётся шлифовке и позволяет получать идеально ровную и гладкую поверхность;

- невосприимчивость к воздействию солнечных лучей – бетон не выгорает, не меняет физических свойств и внешнего вида;

- высокий уровень прочности и стойкости к воздействию разнообразных внешних факторов – температур, влажности, ветра, ударов, истирания, вибрации и т.д.;

- минимальная гигроскопичность, благодаря чему в материале не проходит карбонизация, поэтому на протяжении длительного срока он сохраняет прочность и целостность;

- пластичность и простота в работе – предоставление возможности реализовать максимум оригинальных идей;

- невысокая стоимость всего процесса – от покупки материалов и приготовления раствора до создания формы, скульптуры, отделки;

- возможность добавлять разнообразные присадки, составы для изменения эксплуатационных свойств и достижения нужных характеристик;

- экологичность производства и самого архитектурного бетона, что также немаловажно;

- способность имитировать текстуру других, эстетических, но менее практичных к обработке материалов (природный камень, дерево, металл);

- легкость и простота в уходе;

- хороший уровень пожаробезопасности;

- простота ухода без необходимости использовать специальные средства и привлекать профессионалов.

На ряду с преимуществами архитектурный бетон имеет и ряд недостатков таких как: необходимость дополнительного укрепления перекрытий и стен в случае использования тяжёлых элементов декора. Большой вес не позволяет использовать изделия на деревянных домах и лёгких конструкциях без предварительного укрепления. При применении изделий в качестве декора фасадных поверхностей требуется специальная техника и инструменты, что ведёт к значительным трудозатратам. Соблюдение точности размеров при необходимости изготовления изделий сложной конфигурации из архитектурного бетона.

Архитектурный бетон является перспективным материалом для применения в качестве отделки фасадов зданий и сооружений, интерьера жилых и коммерческих помещений, а также для создания искусственных водопадов, декоративных скал, подпорных стенок, садово-парковых скульптур и др.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Евсеева Е.А., Яглов В.Н., Шагойко Ю.В.* Бетон для декоративных элементов фасадов зданий // В сборнике: Инновационные технологии и образование. Международная научно-практическая конференция: В 2 частях. Минск - 2021. С. 209-213.

2. *Стенечкина К.С.* Применение декоративных бетонов для отделки зданий и сооружений // Инженерный Вестник Дона.-2023. №3(99). С.418-428.

3. *Еличев К.А., Пинт Э.М., Петровнина И.Н., Фахрутдинов И. П.* Выбор компонентов с требуемыми свойствами для производства декоративного бетона высокого качества // Дневники науки - 2020. №6 (42). С.20.

4. *Гузий С.Г., Теренчук С.А.* Исследование реологических и физико-механических свойств декоративных бетонов. / ScienceRise - 2016. Т.9. №2 (26). С.49-54.

5. *Немахов И.В.* Анализ структуры декоративных бетонов // Аллея науки - 2019. Т. 1. № 8 (35). С. 60-62

Студентка 2 курса 10 группы ИГЭС Шевцова Е.В.

Студентка 2 курса 10 группы ИГЭС Чернова А.С.

Научный руководитель - доц. каф. СМ, канд. техн. наук, доц. О.Б.

Ляпидевская

ИННОВАЦИОННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ИХ ПРЕИМУЩЕСТВО ПЕРЕД ТРАДИЦИОННЫМИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

По большей степени современное материаловедение превозносит нам по-настоящему революционные новые строительные материалы. Не все уникальные разработки сейчас имеют большой спрос на рынке, так как требуются в доработках, а другие уже нашли перспективу и стали широко применяться.

1. «Transparent» древесина. «Transparent» дерево изготавливают из бальзового дерева, подвергая специальным окислительным ваннам и пропитывая синтетическим полимером – поливиниловым спиртом или добавляют эпоксидную смолу. Стоит отметить, что такой материал минимум в 5 раз прочнее и легче, чем стекло, а также термоэффективнее. Технологический процесс является менее затратным, по сравнению с производством стекла. Имеет дополнительный запас гибкости, что позволяет применять его в сейсмоактивных районах [1].

2. Carbon fiber (углеродное волокно). Углеродное волокно на 75% легче железа и на 30% алюминия. Имеет высокую прочность и модуль упругости при растяжении. Для улучшения адгезии применяется специальная обработка материала. Служит для армирования всех традиционных строительных материалов, усиливая их прочность – кирпич, железобетонные блоки, деревянные конструкции, а также обеспечивая меньшую толщину панелей, а соответственно и вес конструкции. Углеродное волокно служит ещё теплоизолирующим материалом [2].

3. SensiTiles – акриловая декоративная плитка. Новый отделочный материал даёт волю фантазии и в архитектуре, так и в дизайне интерьера. Плитка, как будто живой организм: она реагирует на прикосновения, на ваши движения и источник света. Воплощая все дизайнерские и футуристические задумки, она мерцает, переливается, подсвечивается, улавливает и рассеивает соседние цвета по своей поверхности [3].

4. Самовосстанавливающийся бетон “self healing concrete”. В 2015 году был продемонстрирован инновационный метод для восстановления трещин в бетоне при помощи бактерий (капсулы определенного полимера). Биобетон, куда вмещали фермент, который реагирует с CO₂, выделяя кристаллы карбоната кальция – по характеристикам похожи на бетон. Миллиметровые трещины восстанавливаются за сутки. Биобетона

входит смесь из цианобактерий – фотосинтезирующие бактерии, желатина и песка [3,4].

5. Аэрогель. Новая разработка человечества, напоминающая лёгкую, но твёрдую пену, как пенопласт. Удостоен за свои уникальные качества 15 позициям в книге рекордов Гиннеса. Синтетический пористый сверхлёгкий материал получают из геля, в котором жидкий компонент геля заменен газом. В результате – очень твердое тело с чрезвычайно низкой плотностью и низкой теплопроводностью. Особенность аэрогелей – может выдерживать нагрузку в 2000 раз больше собственного веса, малая плотность $1,9 \text{ кг/м}^3$, низкая теплопроводность $\sim 0,017 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Такой материал активно используют в качестве теплоизолирующего материала для теплоизоляции различного оборудования, трубопроводов, ограждающих конструкциях и других объектах [5].

6. Richlite. Бумажный прочный композит. Его создают из отходов бумаги, их прессуют в твердые и гладкие панели, которые можно обрабатывать. Richlite работает, как плотная древесина твердых пород, и ее можно легко фрезеровать, шлифовать, фрезеровать и соединять. Материал Richlite к тому же водостойкий, гигиеничный, имеет низкое влагопоглощение, тепло- и огнестойкость, необычайно плотный и прочный.

7. Жидкий гранит. Искусственный “жидкий” камень, особая жидкая строительная смесь (70% из мраморной крошки и на 30% из специальных добавок и декоративного наполнителя), которую напыляют на определенную поверхность [6].

8. Гнущийся, гибкий бетон. Бетон ConFlexPave имеет гибкость и прочность – в 3 раза выше, чем у обычного. В раствор замешивают тончайшее ультраволокно, которое скользит в структуре бетона, не закрепляясь в нем. Материал можно использовать в сейсмоактивных районах – риск разрушения зданий из такого бетона минимизируется [3].

9. Прозрачный оксид алюминий. Это прозрачная керамика, в основе – оксинитрид алюминия (AlON). Особенности этого материала – устойчив к царапинам и прочный, намного выше эти характеристики, чем у алюмосиликатного стекла (кварцевое), на 85% тверже сапфира. Кроме того, выдерживает нагревание до 2100 C° . Устойчив к радиации, к кислотам, щелочам и воде. Этот материал в военном деле и для оптических производств. Но в строительстве из него делают ударопрочные окна, купола и прочие элементы, требующие прозрачности и прочности [7].

11. Гидрокерамика (пассивное охлаждение). Композитный фасадный материал из глины и гидрогеля, который способен охлаждать внутренние помещения зданий до 6 C° . Hydroceramic имеет способность гидрогеля

поглощать воду, в 500 раз превышающую его собственный вес. Его разработали испанские студенты еще в 2014 году и с тех пор этот материал и технология самоохлаждающих систем весьма востребована в строительстве и архитектуре. Особенно в экостроительстве: экономится до 28% от общего потребления энергии традиционными охлаждающими устройствами [3].

Строительство – та сфера, где технологичность материалов и инновационные цифровые решения могут перевернуть методы ведения проектов и создавать по-настоящему футуристические объекты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прозрачное дерево – новый строительный материал. Он заменит стекло – Hi-Tech Mail.ru [Электронный ресурс]. -Режим доступа: https://hi-tech.mail.ru/review/51595-prozrachnoe_derevo/, свободный.

2. Продукция: углеродное волокно | ЮМАТЕКС [Электронный ресурс]. - <https://umatex.com/production/fiber//>, свободный.

3. Самые прогрессивные инновационные строительные материалы [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://www.planradar.com/ru/top-15-innovacionnyh-stroitelnyh-materialov/?ysclid=ltld0a8j6p769775085/>, свободный.

4. *Пашкевич А.А., Орешкин Д.В., Лятидевская О.Б.* Сухие строительные смеси с полыми микросферами // В сборнике: Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов. материалы V Международной научно-технической конференции: в 3-х частях. 2009. С. 207-211.

4. Об аэрогеле – свойства, преимущества материала [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://www.aerogel-russia.ru/info/about.html/>, свободный.

5. Жидкий-гранит.рф | Купить жидкий гранит для производства столешниц. Цены [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://xn----8sbicjmbdfi2b8a3a.xn--p1ai/>, свободный.

6. "ПРОЗРАЧНЫЙ АЛЮМИНИЙ"-будущее здесь и сейчас! | Техно Sci | Дзен [Электронный ресурс]. -Режим доступа: https://dzen.ru/a/YGQiF0_LvyIr5-7k/, свободный.

7. ТОП 5 САМЫХ НОВЫХ ИННОВАЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. СТРОЙ РЫНОК. Дзен [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <https://dzen.ru/a/Y5HQhX1ESzckomYE/>, свободный.

СЕКЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ И БЕТОНОВ

Студентка 1 курса магистратуры 31 группы ИПГС Машина Т.Ю.

Научный руководитель – зав. каф. СМ, д-р тех. наук, проф. Самченко С.В.

Научный руководитель – доц. каф.СМ, канд. техн. наук О.А. Ларсен

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕЦИКЛИНГА БЕТОННОЙ СМЕСИ

Скопление отходов стало серьезной экологической проблемой в мире. Этому способствует как бытовая деятельность человека, так и работа разных отраслей промышленности. К одним из основных источников высокотоннажных отходов относятся промышленность строительных материалов: вскрышные и пустые породы, хвосты обогащения, пыль цементного производства, каменная пыль, кирпичный и бетонный бой, отходы бетонного производства.

Согласно аналитическим данным [1], объем отходов на строительный сектор составляет от 8 до 10 % от общего количества отходов всех производств в Российской Федерации. Что наводит на мысль о необходимости нахождения решения о реализации повторного использования отходов.

В отдельную группу отходов можно отнести производственные отходы товарного бетона и растворов смесей. Товарный бетон является одним из самых распространенных материалов в строительной индустрии современного мира. Годовой объем отходов производства некоторых бетонных заводов может достигать порядка 50 000 м³. Поэтому утилизация таких отходов является актуальной задачей на сегодняшний день.

По подсчетам аналитиков «Независимой инвестиционно-консалтинговой компании» в промышленности строительных материалов России и стран СНГ, производство товарного бетона в РФ с начала 2019 года выросло на 9,1 % к аналогичному периоду прошлого года и составило 13,6 млн м³ [2].

Согласно статистическим данным [3], рост объемов производства бетонных смесей в России на декабрь 2022 года увеличился на 26,6% по сравнению с предыдущими годами, и тенденция роста сохраняется и по сей день. В соответствии с данными [4, 5] в 2022 году в России были поставлены рекорды по строительству зданий жилого и нежилого назначения, увеличиваются объемы отходов производств промышленности. Соответственно, можно сделать вывод, что и количество отходов производства этого вида материала не убывает и даже возрастает с каждым днем.

Для решения проблемы ресурсосбережения и охраны окружающей среды при производстве строительных материалов, как известно,

применяются различные отходы производств в качестве добавок или же самостоятельных компонентов. Широкое применение нашли рециркулируемые материалы, обладающие необходимыми характеристиками для получения высококачественных материалов.

При производстве и транспортировке товарного бетона возникает потребность в очистке задействованного оборудования, после промывки которого остаются перемешанные компоненты, включающие в себя сырьевые материалы и дополнительную воду.

Смесь доставляется в отвалы, где замоноличивается и занимает обширные площади, что в последующем негативно воздействует на живую природу. Очевидно, что после специальной очистки и подготовки, данный отход можно повторно использовать в производственном процессе.

В настоящее время существует технология, получившая название рециклинг бетона, заключающаяся в разделении смеси на отдельные составляющие: цементный шлам, крупный и мелкий заполнители.

Согласно аналитике технологий многих производств, на сегодняшний день известно, что допустимо вторичное применение инертных материалов, без существенных изменений технологических и эксплуатационных свойств, в количестве до 30% от общей массы в составе.

В свою очередь, шламовая вода, ввиду своего непостоянного состава из-за различной концентрации прогидратированного цемента и низкой гидравлической активности, включается в состав бетонных смесей в количестве до 10%.

Можно предположить, что, модифицируя шламовую воду, возможно получить наиболее стабильный по свойствам продукт, который удобен в применении за счет постоянной концентрации.

Его получение достигается за счет предварительного обезвоживания и последующего тонкого измельчения высушенного шлама совместно с поликарбоксилатным пластификатором [5].

Для сравнительной аналитики были проведены испытания на определение механических характеристик бетонных образцов на примере состава для самоуплотняющегося высокопрочного бетона, где состав 1 – контрольный состав, 2 – состав с использованием модифицированной шламовой водой, 3 – состав с добавлением шламовой воды (Рис.1).

Анализируя предоставленные результаты испытаний, можно выделить существенное превышение 2 состава относительно контрольного 1.

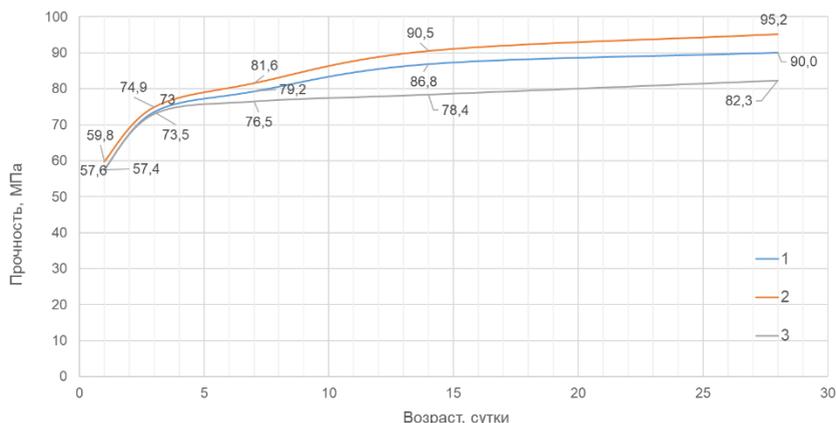


Рис.1. Кинетика набора прочности образцов высокопрочного самоуплотняющегося бетона

Перспективным развитием исследования является изучение получаемого продукта, который может помочь модифицировать технологические и механические свойства цементных бетонов. Также, применение данной добавки позволит сократить расход сырьевых материалов для производства бетонной смеси, что поспособствует разработке малоотходного производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларсен О.А., Наруть В.В., Бахрах А.М. Пуццолановая активность минеральных добавок для гидротехнических бетонов // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. №3. С. 250 – 260.
2. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Высокопрочные лёгкие бетоны. - г. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2022. - 192 с.
3. Иноземцев А.С., Королев Е.В., Зыюнг Т.К. Реологические особенности цементно-минеральных систем, пластифицированных поликарбоксилатным пластификатором // Региональная архитектура и строительство. 2019. № 3 (40). С. 24-34.
4. Ларсен О.А., Воронин В.В., Самченко С.В. Критерии оценки структурно-технологических характеристик бетона // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, No 2. – С. 129-143.
5. Ларсен О.А., Самченко С.В., Стенечкина К.С., Алпацкий Д.Г. Влияние тонкодисперсных материалов на самоуплотняемость бетонной смеси // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, No 3. – С. 217-229.

*Студентка 1 курса магистратуры 31 группы ИПГС Бутенко К.А.
Научный руководитель – доц. каф. СМ, канд. техн. наук, О. А. Ларсен
Научный руководитель – преп. каф. СМ Тоболев П. Д.*

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ ВЯЖУЩИХ

В настоящее время в строительстве наблюдается тенденция к снижению материало- и энергоемкости изделий, расширению минерально-сырьевой базы, созданию принципиально новых строительных материалов. Главным образом это связано с расширением объемов строительства [1, 2]. Производство портландцемента, который на данный момент является основным гидравлическим вяжущим, связано с высоким потреблением природных минеральных и энергетических ресурсов и сопровождается высокими объемами выбросов в окружающую среду. Технологи в качестве альтернативы портландцементу, предлагают использовать различные материалы, основанные на полимерных связующих, отходах металлургической промышленности и т. д. В 1978 году профессор В.Д. Глуховский в методическом пособии «Шлакощелочные цементы и бетоны» описал возможность применения шлака в качестве, основного вяжущего для бетонных изделий.

Шлакощелочной цемент – гидравлическое вяжущее вещество, в котором алюмосиликатный компонент представлен гранулированными шлаками, а щелочной – соединениями щелочных металлов, дающими щелочную реакцию [3, 4].

Как уже было изложено выше производство портландцемента связано с истощением сырьевой базы РФ, а также выделением больших объемов CO₂ в окружающую среду при обжиге его компонентов. В нашей стране сложилась сложная ситуация с переработкой техногенных отходов с металлургических производств и ТЭЦ. Готовый выход техногенных отходов в РФ превышает 100 млн. т. в год. Огромные территории, прилегающие к заводам и ТЭЦ, «похоронены» под залежами шлаков и зол.

В данной работе предметом изучения стал доменный гранулированный молотый шлак. Для сопоставления результатов основных характеристик предмета исследования параллельно были определены свойства стандартного портландцемента класса ЦЕМ I 52,5 Н. Результаты определения основных характеристик представлены в таблицах 1-4.

В основе исследования было важно подобрать правильный щелочной компонент, при котором испытательные образцы покажут наибольшую

прочность. В таблице 5 приведены результаты прочности образцов кубиков в возрасте 28 суток.

Таблица 1

Характеристика испытываемого шлака

Регионы	Маркировка	Цвет	Молотый / Немолотый
Челябинская область	Шлак 1	Белый	Молотый

Таблица 2

Гранулометрический состав методом лазерной дифракции и удельная поверхность по Блейну в сравнении с цементом марки ЦЕМ I 52,5 Н

1	ЦЕМ I 52,5 Н
Частицы размером от 0,9 до 61 мкм	Частицы размером от 0,12 до 92,8 мкм
5550 см ² /г	3495 см ² /г

Таблица 3

Фазовый состав методом порошковой рентгеновской дифрактометрии в сравнении с цементом марки ЦЕМ I 52,5 Н

1			ЦЕМ I 52,5 Н	
Кварц	SiO ₂	2,3	C ₃ S	67,0
Кальцит	CaCO ₃	55,6	C ₂ S	9,6
Акерманит	Ca ₂ MgSi ₂ O ₇	26,3	C ₃ A	14,0
Альбит	NaAlSi ₃ O ₈	15,8		
Аморфная фаза			C ₄ AF	6,3

Таблица 4

Химический состав методом рентгеновской флуоресценции в сравнении с цементом марки ЦЕМ I 52,5 Н

Маркировка		1	ЦЕМ I 52,5 Н	Маркировка		1	ЦЕМ I 52,5 Н
Оксид кремния	SiO ₂	36,00	19,7	Оксид марганца	MnO	0,297	-
Оксид кальция	CaO	36,67	61,4	Оксид стронция	SrO	0,137	-
Оксид магния	MgO	12,48	3,3	Сера-ион	S ⁺⁶	0,540	3,2
Оксид алюминия	Al ₂ O ₃	12,14	4,3	Оксид титана	TiO ₂	0,995	-
Оксид натрия	Na ₂ O	0,360	0,34	Оксид бария	BaO	0,278	-
Оксид калия	K ₂ O	0,500	0,42	Оксид железа	Fe ₂ O ₃	0,304	3,2

Таблица 5

Прочность шлакощелочного вяжущего в сравнении с цементом марки
ЦЕМ I 52,5 Н

Маркировка	Прочность, МПа		Маркировка	Прочность, МПа	
	Ед. значения	Ср. значения		Ед. значения	Ср. значения
Контр-й (ЦЕМ I 52,5 Н)	63,00	56,27	Шлак с щелочным ком-м №2 (K ⁺)	38,24	32,83
	58,62			27,26	
	67,57			37,83	
	55,39			24,42	
	52,62			33,92	
	58,44			35,33	
Шлак с щелочным ком-м №1 (Na ⁺)	31,48	29,56	Шлак с щелочным ком-м №3 (Na ⁺ /K ⁺)	38,24	44,04
	22,42			41,92	
	28,51			43,34	
	34,84			48,07	
	29,26			45,57	
	30,85			42,26	

В результате исследования были изучены характеристики шлака и сопоставлены с характеристиками цемента марки ЦЕМ I 52,5 Н. Применение шлаков может значительно снизить потребление портландцемента, благоприятно сказаться на экологическом и экономическом аспекте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларсен О.А., Наруть В.В., Бахрах А.М. Пуццолановая активность минеральных добавок для гидротехнических бетонов // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. №3. С. 250 – 260.
2. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Высокопрочные лёгкие бетоны. - г. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2022. - 192 с.
3. Иноземцев А.С., Королев Е.В., Зыонг Т.К. Реологические особенности цементно-минеральных систем, пластифицированных поликарбоксилатным пластификатором // Региональная архитектура и строительство. 2019. № 3 (40). С. 24-34.
4. Ларсен О.А., Воронин В.В., Самченко С.В. Критерии оценки структурно-технологических характеристик бетона // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, № 2. – С. 129-143.
5. Ларсен О.А., Самченко С.В., Стенечкина К.С., Алпацкий Д.Г. Влияние тонкодисперсных материалов на самоуплотняемость бетонной смеси // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, № 3. – С. 217-229.

*Студенты 3 курса 32 группы ИПГС Ивкина А.В., Затевалова Е.Р.
Научный руководитель – зав. каф. СМ, д-р тех. наук, проф. Самченко С.В.*

*Научный руководитель – доц., каф. СМ, канд. техн. наук О.А. Ларсен
Научный руководитель – преп., каф. СМ, Тоболев П. Д.*

ПЛАСТИЧЕСКАЯ УСАДКА ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА НЕЕ

Одним из главных факторов, влияющих на пластическую усадку, является состав цементного бетона. Пластическая усадка бетонов является одной из ключевых проблем, с которой сталкиваются инженеры и строители при проектировании и строительстве зданий и сооружений. Данное явление может привести к снижению прочности бетонных конструкций, образованию трещин, что в свою очередь, снижает долговечность зданий и сооружений, а в некоторых случаях приводит к их разрушению [1, 2, 3].

Наиболее поддаются усадке самоуплотняющиеся бетоны, т.к. растекаются под собственным весом и содержат большое количество цементного теста.

Введение в состав бетонной смеси добавки SRA в жидком виде, не содержащей хлоридов. Добавка представляет собой специально разработанную смесь в научно-исследовательских лабораториях. Основная цель данной добавки - снижение усадочной деформации строительных растворов и бетонов для уменьшения количества микротрещин [4].

Например, действие добавки Маресуре SRA обусловлено снижением поверхностного натяжения воды, которая присутствует в капиллярных порах, в результате чего значительно уменьшается сила ее действия на стенки пор. Благодаря этому процессу можно наблюдать явное снижение усадочной деформации в бетоне. При использовании Маресуре SRA в сочетании со средством для компенсации усадки Expancrete (Система Маресуре), эффект от добавок усиливается, благодаря чему можно добиться свойств раствора, которых нельзя достичь при использовании традиционных цементных систем [5]. В результате использования данной технологии и благодаря составу цемента, можно регулировать увеличение в объеме и усадку раствора так, чтобы добиться максимальной износостойкости [6-8]. В зависимости от дозировки, Маресуре SRA может снизить механическую прочность на 5-6% (рис. 1).

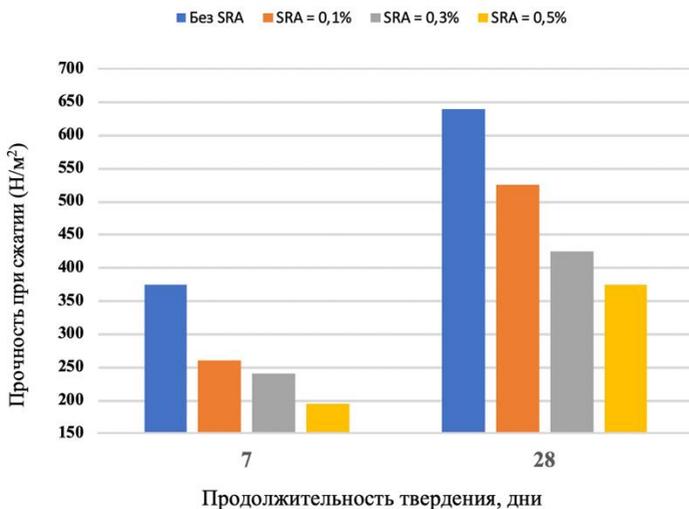


Рис. 1. Усадка с добавкой Маресюре SRA

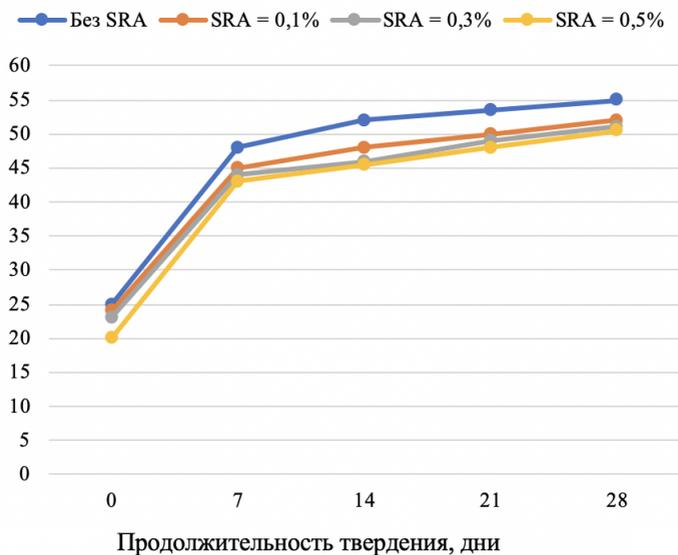


Рис.2. Прочностные показатели с добавкой Маресюре SRA

Существует ряд требований, выполнение которых рекомендуется при применении добавок:

При твердении в условиях жаркого, ветреного климата составы, содержащие Maracure SRA, необходимо обрабатывать водой, а также защищать с помощью специальной пленки, которая предотвращает преждевременное испарение воды под воздействием высокой температуры окружающей среды.

Maracure SRA добавляется в бетоны в последнюю очередь, после того как туда уже внесены все остальные компоненты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Samchenko, S.V.; Larsen, O.A.; Kozlova, I.V.; Alpackiy, D.G.; Alobaidi, D.A.N. Concrete Modification for Hot Weather Using Crushed Dolomite Stone. *Buildings* 2023,13,2462. <https://doi.org/10.3390/buildings13102462>
2. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Деформации высокопрочных легких бетонов на полых микросферах и способ их снижения // *Строительные материалы*. 2015. № 9. С. 23-30.
3. Иноземцев А.С., Королёв Е.В., Доунг Т.К. Структурная модель течения пластифицированных цементно-минеральных смесей // *Строительные материалы*. 2020. № 4-5. С. 90-96
4. Ларсен О.А., Наруть В.В., Бахрах А.М. Пуццолановая активность минеральных добавок для гидротехнических бетонов // *Техника и технология силикатов*. 2022. Т. 29. №3. С. 250 – 260.
5. Ларсен О.А., Воронин В.В., Самченко С.В. Критерии оценки структурно-технологических характеристик бетона // *Техника и технология силикатов*. – 2023. – Т. 30, № 2. – С. 129-143.
6. Козлова И.В., Земскова О.В., Самченко С.В., Дударева М.О. Варианты синтеза фотокаталитически активной добавки для цементных систем // *Техника и технология силикатов*. – 2023. – Т.30, № -3. – С. 206-216.
7. Ларсен О.А., Самченко С.В., Стенечкина К.С., Алпацкий Д.Г. Влияние тонкодисперсных материалов на самоуплотняемость бетонной смеси // *Техника и технология силикатов*. – 2023. – Т. 30, № 3. – С. 217-229.
8. Самченко С.В., Коршунов А.В., Зорин Д.А., Тоболев П.Д. Физико-механические и деформационные характеристики полиминеральных вяжущих композиций на основе сульфалоумоферритов кальция // *Техника и технология силикатов*. – 2023. – Т.30, № 3. – С. 230-240.

Студент 4 курса 31 группы ИПГС Васютин В.П.

Научный руководитель – доц., каф. СМ, канд. техн. наук, О.А. Ларсен

Научный руководитель – преп., каф. СМ, Тоболев П. Д.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ДРОБЛЕННОГО ПЕНОСТЕКЛЬНОГО ЩЕБНЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В КОНСТРУКЦИОННЫХ СУБ

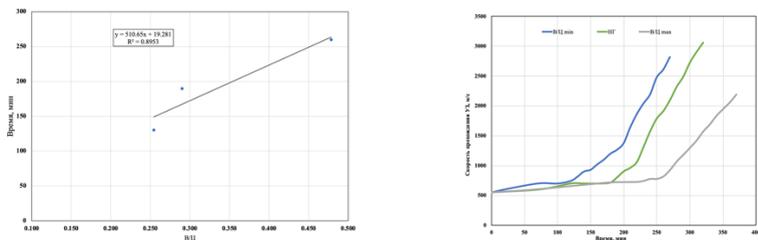
Пеностеклянный щебень – это современный строительный материал, который представляет собой вспененное стекло, предварительно раздробленное на мелкие частицы. Так как пеностеклянный щебень получают из отходов стеклольной промышленности, то он является вторичным сырьем, а в настоящее время это несомненный плюс для строительного материала. Такой материал может использоваться как подсыпка для формирования рельефа, так и теплоизоляционный материал, а также возможно его применение в легких бетонах [1, 2]. Легкие бетоны часто используются в России в различных сферах деятельности, например: строительство зданий, промышленное производство, сельское хозяйство.

Но для того, чтобы использовать данный заполнитель в бетоне необходимо знать его характеристики и свойства, с целью прогнозирования поведения будущей бетонной смеси. Все испытания заполнителя проводились в соответствии с ГОСТ 9758-2012 «Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний».

Определение насыпной плотности проводилось в двухлитровом мерном сосуде с крупностью зерен 5-10 мм. Определение истинной плотности проводилось при помощи колбы Ле Шателье, а также пикнометра, результат же оказался примерно одинаковым и составил $2,26 \text{ г/см}^3$. Определение средней плотности зерен заполнителя в цементном тесте выполнялось с использованием прибор Вебе для определения жесткости смеси. Средняя плотность пористого заполнителя получилась равной $0,43 \text{ г/см}^3$.

Определение водопотребности крупного заполнителя по следующей методике. В основу данной методики положен ультразвуковой метода определения структурных характеристик, водопотребности заполнителя в бетонной смеси положен принцип сравнения периода формирования структуры бетона с периодом формирования структуры цементного камня [3, 4, 5]. Величина минимального В/Ц определяется исходя из В/Ц цементного теста нормальной густоты (Кмв) по формуле: $K_{мв}=0,876 \cdot K_{пг}$; Предельное значение В/Ц (Кпр) может быть найдено из следующей формулы: $K_{пр}=1,65 \cdot K_{пг}$;

После чего цементное тесто заливают в пластмассовую форму с размером 10x10x10 см, а затем через каждые 10 минут определяют изменение скорости прохождения ультразвука [6, 7].



а

б

Рис. 2. Определение водопотребности

- а) Изменение скорости прохождения ультразвука с различным водоцементным соотношением
- б) Изменение продолжительности твердения цементного теста в зависимости от водоцементного отношения

Результатом испытания является получение значения коэффициента заполнителя, то есть его водопотребность, которая равна 29,9%.

Определение зернового состава заполнителя:

Испытание крупного заполнителя фракции 5-10 мм проводилось рассевом лабораторной пробы в 5 литром цилиндре на ситах с размерами отверстий, соответствующим удвоенному диаметру 2D, наибольшему диаметру D и наименьшему диаметру d номинальным размерам зерен испытываемой фракции.

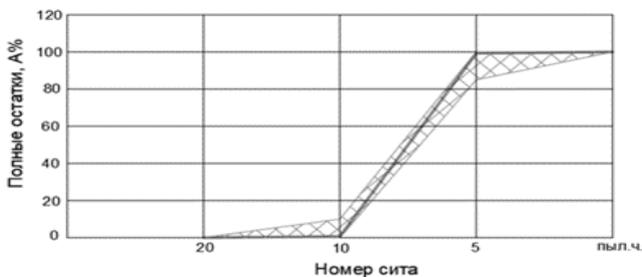


Рис. 1. Гранулометрический состав

По результатам испытания можно сделать вывод, что гранулометрический состав попадает в кривую просеивания и находится в допустимых границах.

Таблица 1

Результаты исследований

Насыпная плотность	Истинная плотность, г/см ³	Средняя плотность, г/см ³	Объем межзерновых пустот	Пористость заполнителя	Кзап%
139,4 кг/м ³	2,26	0,43	67,90%	80,78%	29,92

Применение такого заполнителя действительно актуально, так как легкие бетоны только расширяются. Что касается высокой пористости и водопотребности, то будет применена технология двухстадийного перемешивания, которая поможет снизить данные показатели и получить связную, удобоукладываемую смесь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларсен О.А., Воронин В.В., Самченко С.В. Критерии оценки структурно-технологических характеристик бетона // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, № 2. – С. 129-143.
2. Ерофеев В.Т., Афонин В.В., Зоткина М.М., Стенечкина К.С., Тюряхина Т.П., Лазарев А.В. Анализ свойств полимерных композитов с различными типами наполнителей // Строительные материалы. 2024. №1-2. С. 100-109.
3. Ларсен О.А., Самченко С.В., Стенечкина К.С., Алпацкий Д.Г. Влияние тонкодисперсных материалов на самоуплотняемость бетонной смеси // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, № 3. – С. 217-229.
4. Иноземцев А.С., Королёв Е.В., Доунг Т.К. Структурная модель течения пластифицированных цементно-минеральных смесей // Строительные материалы. 2020. № 4-5. С. 90-96
5. Ларсен О.А., Солодов А.А., Наруть В.В., Бутенко К.А., Веселов В.К. Исследование свойств тонкодисперсных материалов для получения самоуплотняющегося бетона // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. № 4. С. 359 – 368.
6. Ларсен О.А., Бахрах А.М. Композиционное вяжущее для токопроводящего бетона // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. № 3. С. 127 – 131.
7. Самченко С.В., Коршунов А.В., Зорин Д.А., Тоболев П.Д. Физико-механические и деформационные характеристики полиминеральных вяжущих композиций на основе сульфаломоферритов кальция // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т.30, № 3. – С. 230-240

*Студент 4 курса 33 группы ИПГС **Веселов В.К.**
Научный руководитель – к.т.н., доц., каф. СМ, **Ларсен О.А.**
Научный руководитель – преп., каф. СМ, **Тоболев П. Д.***

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЗАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ ДРОБЛЁНОГО БЕТОНА

По мере расширения глобальных исследований в области переработки строительных отходов, использование вторичных заполнителей из бетонной лома постепенно привлекает к себе все большее внимание. Исследования показали, что вторичный заполнитель оказывает значительное влияние на свойства бетонной смеси и бетона, что связано с его высокой пористостью и высоким водопоглощением и водопотребностью.

Совместное использование заполнителя из бетонного лома вместо заполнителя природного происхождения для получения бетона может значительно снизить расход материалов. Получаемых из невозобновляемых природных ископаемых [1, 2]. Отмечается [3], что вторичный заполнитель обладает пониженной прочностью и другими свойствами, отличными от войств природных заполнителей.

Введение вторичного заполнителя. Ввиду его высокой пористости, приводит к увеличению водопотребности смеси на 8-10 %, что снижает прочность на сжатие в возрасте 28 сут. При введении вторичного заполнителя прочность на сжатие снижается в среднем на 20-25%, а на растяжение – на 10-35% [4].

При получении вторичного заполнителя образуется отсев, содержание которого может достигать 30% от массы перерабатываемого бетона [5, 6].

Существуют способы повышения качественных показателей заполнителя из дробленого бетона для уменьшения содержания налипшего раствора на зерна заполнителя, входящего в состав. К ним можно отнести термическую и механическую активацию, химико-механическая и микроволновую активацию, кислотную и термомеханическую активацию. Наиболее рациональным из всех способов является механическая активация, результатом которой является сокращение количества налипшего раствора. Который ухудшает свойства вторичного заполнителя.

В данном исследовании удельная поверхность отсева составила 1458,9 см²/г.

На рис.1 представлены вторичного заполнителя по содержанию раствора цементного теста.



а *б*
Рис. 1. Внешний вид вторичного заполнителя:

В данном исследовании проводилось изучение основных свойств вторичного заполнителя. Были определены водопоглощение, содержание зёрен лещадной и игловатой формы, установлена марка по дробимости, а также получены показатели содержания пылевидных частиц. Установлено, что насыпная плотность заполнителя составила 1254 кг/м^3 , а истинная плотность - $2,42 \text{ г/см}^3$.

Исследован зерновой состав вторичного заполнителя, который представлен на рис. 2.

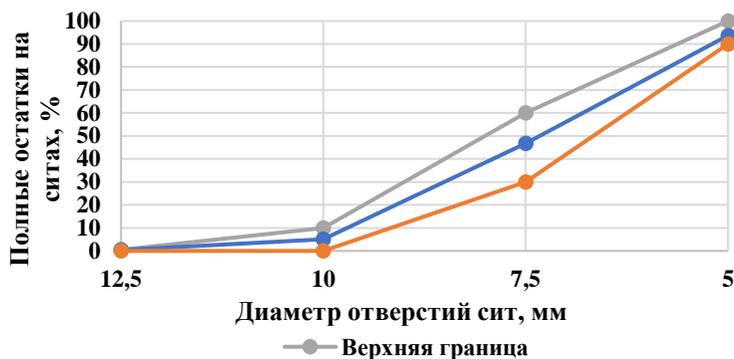


Рис. 2. Гранулометрический состав вторичного щебня фр. 5-10 мм

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самченко С.В., Ларсен О. А., Былинкин Д.С. Комплексные противоморозные добавки для монолитного строительства в условиях крайнего севера // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. №2. С. 145 – 156.
2. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Сравнительный анализ влияния наномодифицирования и микродисперсного армирования на процесс и параметры разрушения высокопрочных легких бетонов // Строительные материалы. 2017. № 7. С. 11-15.
3. Стенечкина К.С. Применение декоративных бетонов для отделки зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2023. № 3 (99). С. 418-428.
4. Ларсен О.А., Воронин В.В., Самченко С.В. Критерии оценки структурно-технологических характеристик бетона // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, No 2. – С. 129-143. (Larsen O.A., Voronin V.V., Samchenko S.V. Criteria for estimation the structural and technological characteristics of concrete // Technique and technology of silicates. – 2023. – Vol. 30, No. 2. – pp. 129-143.)
5. Ларсен О.А., Самченко С.В., Стенечкина К.С., Алпацкий Д.Г. Влияние тонкодисперсных материалов на самоуплотняемость бетонной смеси // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, No 3. – С. 217-229.
6. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Деформации высокопрочных легких бетонов на полых микросферах и способ их снижения // Строительные материалы. 2015. № 9. С. 23-30

Студент 3 курса 32 группы ИПГС Галушин Д.А.

Студент 3 курса 32 группы ИПГС Бажанов А.С.

Студент 3 курса 32 группы ИПГС Рубцов Ф.А.

Научный руководитель – зав. каф. СМ., д-р. техн. наук, проф. С.В. Самченко

Научный руководитель – преп., каф. СМ, П.Д. Тоболев

БЕТОНЫ ДЛЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Сегодня гидротехнический бетон остается **неотъемлемой частью** инфраструктуры, связанной с водой, и играет **ключевую роль** в обеспечении надёжности и долговечности сооружений. Вот почему:

Строительство водных объектов: Современные города и регионы нуждаются в надежных водохранилищах, плотинах, дамбах и каналах. Гидротехнический бетон обеспечивает стойкость к воздействию воды, что критически важно для безопасности и устойчивости этих сооружений.

Устойчивость к агрессивной среде: Водные объекты подвергаются воздействию солей, кислот и щелочей. Гидротехнический бетон специально разработан для сохранения своих свойств при таких условиях.

Противостояние морозам: В холодных климатических условиях гидротехнические сооружения могут подвергаться циклическому замерзанию и оттаиванию. Бетон должен сохранять свою прочность даже при экстремальных температурах.

Долговечность: Гидротехнический бетон обеспечивает стабильность и надежность сооружений во времени [1].

Основным компонентом гидротехнического бетона является гидравлический цемент, состоящий из гидрата силиката кальция, который повышает прочность конструкций и делает их водонепроницаемыми [2].

Химический состав гидравлического цемента в основном представляет собой уникальную смесь трех разновидностей минералов: кварца, глинистых минералов и оксида железа. Кварц является главным компонентом, придающим цементу прочность. Глинистые минералы создают каркас, связывающий зерна и обеспечивающий пористость для воды и воздуха. Оксид железа действует как окислитель. Добавление различных веществ приводит к уменьшению числа пор, а также улучшает дисперсию частиц цемента, что способствует получению более плотного бетона [3].



Рис. 1. Пример использования гидротехнического бетона в строительстве

Коррозионная стойкость является важнейшей характеристикой гидротехнического бетона. Так как деструктивное воздействие коррозии на бетонные и железобетонные сооружения является серьезной угрозой для их долговечности и функциональности.

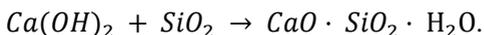
В случае отсутствия своевременных мер по вмешательству, происходящие процессы могут привести к ускоренному износу структур и уменьшению их продолжительности эксплуатации. Коррозия не только ухудшает механические свойства бетона, но также способствует возникновению трещин, подтеков, высолов, выделений и отслоений на его поверхности, что ведет к изменению внешнего вида сооружений [4].

Формирование коррозионных процессов обусловлены рядом переменных, включая характеристики и состав коррозионной среды, температурные условия окружающей среды, химический и физический состав материала, его механическое напряжение, структурные особенности, толщину, плотность защитных покрытий и специфику взаимодействия с коррозионной средой [5].

Использование цементов, устойчивых к коррозии, позволяет в некоторых случаях предотвратить разрушение бетона под воздействием сульфатов, выбирая вместо традиционного портландцемента или шлакопортландцемента цементы, способные противостоять сульфатной агрессии [6].

Уменьшение концентрации компонентов C3S и C3A в составе цемента способствует повышению его устойчивости в сульфатных водах. Сульфатостойкий портландцемент характеризуется содержанием C3S не более 50% и C3A - не более 5%. В составе цементов присутствуют активные минеральные добавки, благодаря которым достигается повышенная устойчивость бетона и в сульфатных, и в пресных водах.

Это обусловлено тем, что активные кремнезем добавки превращают $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в малорастворимый низкоосновной силикат кальция:



Процесс, приведенный выше, известен, как реакция пуццоланизации [7, 8].

Следовательно, гидротехнический бетон важен для обеспечения устойчивости и долговечности гидротехнических сооружений к воздействию агрессивных сред. Кроме того, необходимо учитывать коррозию в ходе проектирования и строительства, что позволит повысить надежность и продолжительность эксплуатации данных объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларсен О.А., Самченко С.В., Стенечкина К.С., Алпацкий Д.Г. Влияние тонкодисперсных материалов на самоуплотняемость бетонной смеси // Техника и технология силикатов. - 2023. Т. 30. № 3. С. 217-229
2. Стенечкина К.С. Применение декоративных бетонов для отделки зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2023. № 3 (99). С. 418-428.
3. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Высокопрочные лёгкие бетоны. - г. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2022. - 192 с.
4. Самченко С.В., Ларсен О. А., Былинкин Д.С. Комплексные противоморозные добавки для монолитного строительства в условиях крайнего севера // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. №2. С. 145 – 156.
5. Ларсен О. А., Альобаиди Д. А. Н., Наруть В.В., Матюшин Е.В., Бутенко К. А., Веселов В.К. Получение доломитового микронаполнителя для бетонов, эксплуатируемых в условиях сухого жаркого климата // Техника и технология силикатов. 2023. Т.30. № 1. С. 56 – 65
6. Самченко С.В., Коршунов А.В., Зорин Д.А., Тоболев П.Д. Физико-механические и деформационные характеристики полиминеральных вяжущих композиций на основе сульфалоюмоферритов кальция // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т.30, № 3. – С. 230-240
7. Самченко С.В., Коршунов А.В., Зорин Д.А., Тоболев П.Д. Физико-механические и деформационные характеристики полиминеральных вяжущих композиций на основе сульфалоюмоферритов кальция // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т.30, № 3. – С. 230-240.
8. Иноземцев А.С., Королев Е.В., Зыонг Т.К. Реологические особенности цементно-минеральных систем, пластифицированных поликарбоксилатным пластификатором // Региональная архитектура и строительство. 2019. № 3 (40). С. 24-34.

Студентка 4 курса 31 группы ИПГС Драчева А.А.

Студентка 4 курса 31 группы ИПГС Садовская О.В.

Научный руководитель – доц., каф. СМ, канд. техн. наук, доц **О.Ю. Баженова**

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Современные технологии производства железобетонных изделий постоянно развиваются и совершенствуются, предлагая новые методы и подходы к изготовлению ЖБИ. К таким методам относят вибропрессование, радиальное прессование [1], безопалубочное формование [2] и некоторые другие.

Вибропрессование – способ уплотнения бетонной смеси в формах путем приложения вибрационного воздействия и статического давления. Таким способом изготавливают тротуарную плитку, брусчатку, бордюрный камень, кольца колодцев и др.(рис.1, 2).



Рис.1 Формование тротуарной плитки вибропрессованием



Рис.2 Формование колец колодцев вибропрессованием

Радиальное прессование— один из современных способов формования трубчатых бетонных изделий. При радиальном прессовании уплотнение бетонной смеси обеспечивается за счет радиального давления, передаваемого на бетон в результате вращения прессующей головки, имеющей ролики (рис.3).



Рис.3 Формование трубы



Рис.4 Безопалубочное формование

Безопалубочное формование - технология производства предварительно напряженных железобетонных изделий без использования стальных форм, что сокращает затраты на материалы, труд и время, улучшает условия труда и обладает высокой точностью геометрических параметров и несущих характеристик (рис. 4).

Наиболее современная технология в строительстве – это 3D-печать. Она позволяет создавать сложные конструкции из различных материалов (например, бетонных смесей, геополимерных композитов и фиброволокна) с помощью постепенного наращивания слоёв материала [3].

В строительстве используются два основных метода 3D-печати: метод экструзии LDM и 3DP (3D печать сухим порошковым материалом).

Метод экструзии позволяет создавать отдельные строительные элементы и полностью возводить здания на участке. Этот метод наиболее распространён в строительстве. 3DP (3D печать сухим порошковым материалом) аналогичен SLS (лазерное спекание), но вместо лазера используется связующий раствор. Этот метод в основном применяется для изготовления декоративных элементов и малых архитектурных форм.



Рис.5 Портальный строительный принтер



Рис.6 Трёхосевой (дельтовидный) принтер



Рис.7 Крановый принтер



Рис.8 Манипулятор

Существует три основных вида строительного принтера: порталный; с дельтовидным приводом; кранового типа; манипулятор (рис.5-8).

При возведении дома по аддитивной технологии вначале создают проект. Далее устанавливают оборудования и готовят расходных материалов, в частности мелкодисперсный раствор. В качестве «чернил» строительный 3D принтер может использовать специальный пескобетон. После подготовки, оператор запускает печать и строительный 3D принтер выдавливает раствор по заданной траектории.

При печати отдельных деталей в цехе, готовому изделию необходимо высохнуть на воздухе или в сушильной камере для набора прочности. Напечатанный дом сушится в естественных условиях и готов к отделочным работам практически сразу (рис.9-10).



Рис.9 Процесс возведения коттеджа

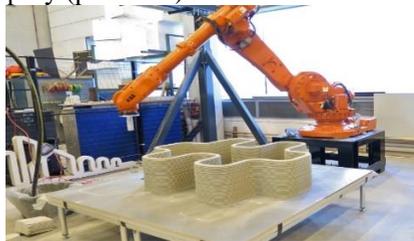


Рис.10 Печать отдельных деталей в цехе

Применение аддитивной технологии при строительстве частных домов позволяет ускорить процесс возведения строения, снизить затраты и влияние человеческого фактора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Высокопрочные лёгкие бетоны. - г. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2022. - 192 с.
2. Ерофеев В.Т., Афонин В.В., Зоткина М.М., Стенечкина К.С., Тюряхина Т.П., Лазарев А.В. Анализ свойств полимерных композитов с различными типами наполнителей // Строительные материалы. 2024. №1-2. С. 100-109.
3. Ларсен О.А., Воронин В.В., Самченко С.В. Критерии оценки структурно-технологических характеристик бетона // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, No 2. – С. 129-143.
4. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Сравнительный анализ влияния наномодифицирования и микродисперсного армирования на процесс и параметры разрушения высокопрочных легких бетонов // Строительные материалы. 2017. № 7. С. 11-15.
5. Ларсен О. А., Альобаиди Д. А. Н., Наруть В.В., Матюшин Е.В., Бутенко К. А., Веселов В.К. Получение доломитового микронаполнителя для бетонов, эксплуатируемых в условиях сухого жаркого климата // Техника и технология силикатов. 2023. Т.30. No 1. С. 56 – 65.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ ЦЕМЕНТА

Цемент – материал неорганического происхождения, образующий цементное тесто при взаимодействии с водой, которое после схватывания и твердения превращается в плотный монолит. Цемент был и остаётся на перспективу основным вяжущим для бетонов и строительных растворов различного назначения.

За последние годы наблюдается тенденция роста застройки территорий жилыми, общественными и промышленными зданиями и сооружениями, что привело к росту количества предприятий цементной промышленности [1, 2]. Сейчас во всем мире производится около 4 млрд. т. цемента в год. Производство цемента требует большого количества ресурсов и энергии, а также является экологически вредным: происходит большое выделение парниковых газов - оксиды азота, серы и диоксид углерода, которые суммарно составляют 8% от всех подобных выбросов.

Выбросы только диоксида углерода по прогнозам ученых к 2050 г. могут достигнуть 2,34 млрд. т. в год.

В связи с этим, учёными во всём мире проводятся исследования по созданию новых бесклинкерных цементов.

Геополимерный цемент – вяжущие вещества, получаемые при взаимодействии щелочи и алюмосиликатов. Щелочными компонентами выступают гидроксиды щелочных металлов ($R = Na, K$ или Li) или их растворимые силикаты, а алюмосиликатные компоненты – обожженные глины, вулканические и осадочные породы, а также кислые золы ТЭС или шлаки.

Основным положительным свойством данного вида цемента – возможность эксплуатации при повышенных температурах. Из рис. 1 видно, что бетон на основе геополимерного цемента при температуре 1100 оС сохраняет свою прочность на сжатие в пределах 15-20 МПа, в то время как высокопрочный бетон на основе портландцемента (ПЦ) разрушается в диапазоне температур 300-400°С из-за образования водяного пара в результате дегидратации образований цементного камня, который не может испариться по причине низкой пористости структуры бетона [3].

Еще одним положительным качеством данного цемента является высокая сульфатостойкость и химическая стойкость к коррозии под действием растворов кислот и солей, что объясняется отсутствием в его составе кальциевых соединений.

Процесс производства геополимерных цементов состоит в совместном помолу алюмосиликатного и щелочного компонентов или в затворении тонкоизмельченного алюмосиликатного компонента щелочным раствором. Важным аспектом при производстве цемента является соблюдение соотношений $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{R}_2\text{O}$, либо ввод специальных добавок – интенсификаторов и регуляторов процессов деполимеризации и полимеризации кремнеалюмокислородных анионов, с целью обеспечения необходимых свойств бетонов на их основе: быстрое схватывание, рост прочности и водостойкость.

Следующий из перспективных видов цементов – цемент карбонатного твердения, содержание известняка или доломита, в котором варьируется от 25 до 30%.

Твердение карбонатного цемента обусловлено одновременным протеканием двух процессов: карбонизации соединений кальция или магния и образования карбонатов. Образующиеся микрокристаллы карбонатов соединяют частицы вяжущего между собой, что обеспечивает прочность материала [4].

«Solidia» – негидравлический цемент, являющийся одним из видов цементов карбонатного твердения, состоящий в основном из фаз силиката кальция с низким содержанием извести. В процессе карбонизации образуются кальцит (CaCO_3) и кремнезем (SiO_2), отвечающие за рост прочности бетона.

Производство цемента заключается в обжиге сырьевой смеси до спекания при температуре до 1250 °С, что примерно на 200 °С ниже, чем при производстве ПЦ. Продукт обжига тонко измельчают, смешивают с минеральным заполнителем и увлажняют. Из полученной смеси методом вибропрессования формируют изделия, которые помещают в специальные резервуары-автоклавы, где происходит их обработка CO_2 под давлением

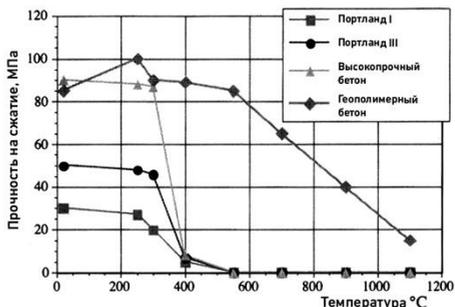


Рис.1. Прочность бетона на различных видах цемента (портланд I испытания, проводимые Давидовичем в 1988г., портланд III – в 1991г.)

в несколько атмосфер. В результате данной обработки изделия затвердевают.

Процесс получения цемента «Solidia» потребляет на 30% меньше энергии и выделяет на 30% меньше CO₂ по сравнению с производством портландцемента. Если учесть снижение выбросов CO₂, связанных с производством «Solidia», а также его способность связывать CO₂ во время отверждения бетона, то суммарно выбросы CO₂ могут быть снижены до 70% и составят 550 кг. CO₂ на тонну цемента.

Другой пример цемента карбонатного твердения – это цемент «Novacem», представляющий тонкоизмельченную смесь SiO₂ и MgO, получаемую путём карбонизации и обжига природных силикатов магния.

Основные этапы его производства:

I этап: $MgSiO_3 + CO_2 = MgCO_3 + SiO_2$

II этап: $MgCO_3 + SiO_2 \xrightarrow{700^\circ C \text{ обжиг}} MgO + SiO_2 + CO_2 \uparrow$

Выделившийся на втором этапе производства углекислый газ направляется на первую стадию производства. Утилизация CO₂ по приведённой схеме составляет 600-800 кг. на тонну цемента.

Твердение цемента «Novacem» аналогично твердению цемента «Solidia». Также важно отметить, что упрочнение структуры происходит за счет дополнительно образованных гидросиликатов магния в процессе твердения цемента «Novacem».

Подводя итоги, важно отметить, что полностью заменить портландцемент нельзя, однако во всём мире продолжают работы по созданию более экологичных и не менее прочных видов цемента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стенечкина К.С. Применение декоративных бетонов для отделки зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2023. № 3 (99). С. 418-428.
2. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Деформации высокопрочных легких бетонов на полах микросферах и способ их снижения // Строительные материалы. 2015. № 9. С. 23-30.
3. Ларсен О.А., Воронин В.В., Самченко С.В. Критерии оценки структурно-технологических характеристик бетона // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, № 2. – С. 129-143.
4. Ларсен О.А., Самченко С.В., Стенечкина К.С., Алпацкий Д.Г. Влияние тонкодисперсных материалов на самоуплотняемость бетонной смеси // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, № 3. – С. 217-229.

Студент 4 курса 32 группы ИПГС Леканов Н.А.

*Научные руководитель – доц. каф. СМ, канд. техн. наук, доцент
А.С. Иноземцев*

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ ЛЁГКИХ БЕТОНОВ В МОНОЛИТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Современные реалии строительной отрасли диктуют условия создания новых, объединяющих в себе комплекс свойств, строительных материалов. К таким материалам можно отнести конструкционный легкий бетон, который объединяет свойства бетонов различной плотности [1, 2]. В работе исследованы опыт внедрения конструкционных лёгких бетонов в монолитном строительстве и тенденция их применения в современном строительстве.

Одной из ключевых особенностей конструкционных легких бетонов является их низкая плотность. В отличие от обычного бетона, легкие бетоны содержат заполнители, которые позволяют снизить его вес без ущерба для прочности и долговечности. Это делает их особенно привлекательными для строительства высотных зданий, где вес конструкции имеет большое значение. Это демонстрирует пример строительства правительственного здания «Токуо City Hall» в Японии (рис 1). Первым же опытом применения лёгкого бетона монолитным способом в СССР известен с 1951 году, реализованный при возведении железнодорожного моста через реку Галидзгу в восточной части Абхазия [3].



Рис. 1. Правительственное здание «Токуо City Hall»



Рис. 2. Тоннель горнодобывающего кластера «Воркута-Уголь»

Лёгкий бетон используется в случаях, когда требуется изменение конструкции, который увеличивает действующую нагрузку на существующий каркас и фундамент. Независимо от его стоимости, лёгкий бетон дает экономию в общей стоимости необходимой тепловой изоляции, пример первого случая постройка дополнительного этажа в Лос-Анджелесе. В Чикаго [4] это в одном из деловых кварталов были удалены перекрытия из плотного железобетона и заменены легкой

бетонной конструкцией для обеспечения более высокой нагрузки. При строительстве тоннель в арочных конструкциях сводов облегчения использовали конструкционный легкий бетон (рис. 2) на основе заполнителей вулканического происхождения.

В монолитном строительстве одним из главных преимуществ конструкционных лёгких бетонов является их высокая энергоэффективность [5]. Благодаря низкой плотности бетон имеет хорошие теплоизоляционные свойства, что позволяет значительно снизить энергозатраты на отопление и кондиционирование помещений. Кроме того, конструкционные лёгкие бетоны обладают хорошей звукоизоляцией, что создает комфортные условия для проживания или работы в зданиях. Например, в здании аэропорта или вокзала, где часто требуется устройства большепролетных или арочных конструкций, сочетание высокой прочности, легкости и устойчивости к вибрации становится преимуществом для применения конструкционных легких бетонов.

Технология производства конструкционных легких бетонов также предлагает определенные преимущества. Они могут быть изготовлены на строительном объекте, что уменьшает затраты на транспортировку и обеспечивает большую гибкость в планировании и строительстве. Кроме того, использование легких бетонов позволяет снизить нагрузку на фундамент и увеличить его долговечность.

Вопрос применения лёгкого бетона на строительной площадке при монолитном изготовлении конструкций помимо качественных характеристик бетона, но способствует повышению производительности труда [6].

В последние годы наблюдается растущий интерес к конструкционным лёгким бетонам в строительстве, что обусловлено:

1. Технологическим фактором: Современные технологии и используемые компоненты для производства конструкционных лёгких бетонов позволяют обеспечивать улучшенные показатели свойств: более высокая прочность и морозостойкость, низкая плотность и водопроницаемость [7, 8].
2. Экономический фактор: Использование конструкционных лёгких бетонов позволяет снизить затраты на строительство и обслуживание зданий [9]. Они позволяют экономить как материальные, так и трудовые ресурсы.
3. Экологический фактор: Использование отходов металлургической и энергетической промышленности как компонентов в составах конструкционных лёгких бетонов относит такие материалы к «чистым» материала,

производство и применение которых наносит меньший вред окружающей среде и человеку.

Конструкционные лёгкие бетоны представляют собой инновационный материал, который обладает несомненными преимуществами по сравнению с традиционными бетонами. Они сочетают низкую плотность, высокую прочность, хорошую тепло- и звукоизоляционную способность. Технология таких бетонов для монолитного строительства позволяет расширить область применения, обеспечивая возможность применения материала с уникальными свойствами при устройстве железобетонных конструкций непосредственно на строительной площадке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Баженов Ю.М.* Технология бетона, строительных изделий и конструкций / Ю.М. Баженов. — Москва: Изд-во Ассоц. строительных вузов, 2007. — 526 с. EDN: QNMWPB
2. *Ларсен О.А., Воронин В.В., Самченко С.В.* Критерии оценки структурно-технологических характеристик бетона // *Техника и технология силикатов.* 2023. Т. 30. № 2. С. 129-143. EDN: QXSDZK
3. *Якубович М.А.* Автодорожные мосты из лёгкого железобетона / М.А. Якубович. — Москва: Научно-техническое издательство автотранспортной литературы, 1956. — 67 с.
4. *Уитэйкер Т.* Легкие бетоны в США / Уитэйкер Т. — Москва: Государственное издательство литературы по строительным материалам, 1963. — 81 с.
5. *Ярмаковский В.Н.* Легкие бетоны на пористых заполнителях // *Железобетон в XXI веке. Состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России.* — М.: НИИЖБ, 2001. — 15 с.
6. *Бремнер Т.У., Ярмаковский В.Н.* Легкий бетон – состояние и перспективы // *Труды «Второй междунар. конф. по бетону и железобетону «Бетон и железобетон – пути развития»».* — М.: Дипак, 2005. Т. 1. С. 27–44.
7. *Иноземцев А.С.* Высокопрочные легкие бетоны / А.С. Иноземцев, Е.В. Королев. — Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2022. - 192 с. - ISBN 978-5-9227-1265-1. EDN: UCJRAZ
8. *Иноземцев А.С., Королев Е.В.* Высокопрочные легкие бетоны - конструкционный бетон нового поколения // *Технологии бетонов.* 2014. № 9 (98). С. 40-44. EDN: TBGAET
9. *Inozemtcev A.S., Korolev E.V.* Technical and economical efficiency for application of nanomodified high-strength lightweight concretes // *Advanced Materials Research.* 2014. Vol. 1040. P. 176-182. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1040.176. EDN: TATFGF

Студент 3 курса 31 группы ИПГС Летучкин А.А.

Научный руководитель – зав. кафедрой СМ., д-р техн. наук, проф. Самченко С. В.

Научный руководитель – доц., каф. СМ, кафедры СМ, канд. техн. наук, доцент Ларсен О. А.

Научный руководитель – преп. каф. СМ, Тоболев П. Д.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УКАТАННЫХ БЕТОНОВ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ И ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В последние десятилетия укатанные бетоны получили распространение. Технология укатанного бетона (УК или УКБ) в строительстве не является новой в строительстве, но ее применение по-прежнему актуально.

Изначально эта методика была разработана в середине 50-х годов прошлого века. Первыми объектами строительства с использованием технологии УБ являются дороги в Канаде в 1970-х годах, а в области гидротехники - плотина Уиллоу-Крик, построенная Инженерным корпусом армии США в период с 1981 по 1983 год на реке Уиллоу-Крик, притоке реки Колумбия в Орегоне.

Укатанный бетон представляет собой бетонную смесь с низким содержанием цемента, аналогичную обычному бетону, но в других соотношениях с частичной заменой вяжущего на золу-уноса. Укатанный бетон представляет собой смесь цемента, золы-уноса, воды, мелкого и крупного заполнителя, добавок, но содержит гораздо меньше воды. Полученная смесь получается более сухой, и при схватывании усадки практически не происходит [1-3].

Конструкции из такого бетона возводятся с высокой скоростью, а сразу же после укладки возможно перемещение строительной техники по поверхности уложенного бетона. Из укатанного бетона возводятся укрепляющие слои дорожного полотна, бетонные дорожные покрытия и бетонные гравитационные плотины.

Особенностью бетонных смесей для укатанного бетона является их повышенная жесткость. Укладка бетонной смеси производится при помощи специального оборудования, для чего используется асфальтоукладчик, а дальнейшее уплотнение бетонной смеси катками. Бетонные смеси для укатанных бетонов состоят, как правило, из заполнителя, воды и вяжущего, содержание которого находится от 50 до 110 кг/м³. Содержание пуццолановых добавок достигает от 20 до 150 кг/м³. В укатанных бетонах не применяется армирование и опалубка [4, 5].

Технология укатанных бетонов близка к технологии приготовления асфальтобетонным гранулированным смесям на цементной основе. Эксплуатационные свойства укатанного бетона могут быть приравнены к свойствам бетона для жесткого бетонного покрытия [5].

Для дорожного строительства укатанные бетоны начали применяться в тридцатых годах прошлого века. Дальнейшая разработка составов дорожных укатанных бетонов была продолжена в Северной Америке, Советском союзе, Испании, Австралии и Новой Зеландии в других частях мира. В Великобритании укатанный бетон был впервые применен в 2002 году в дорожном строительстве для возведения площадок для переработки отходов, перевалки сыпучих материалов и парковки грузовых автомобилей (рис. 1).



Рис. 1 Конструкции дорожных покрытий повышенной прочности из укатанного бетона в Великобритании

При строительстве плотин из укатанных бетонов (рис. 2) бетонные смеси могут отличаться жесткостью, которая зависит от содержания вяжущего в бетонной смеси. Тощие бетонные смеси содержат смешанное вяжущее в пределах от 60 до 99 кг/м³ и применяются для устройства гравитационного профиля, отличаются высокой проницаемостью и поэтому требуют устройства противофильтрационного слоя.

Имеет место устройство плотины из более пластичной смеси для укатанного бетона с содержанием смешанного вяжущего, состоящего из цемента и пуццолановой добавки с содержанием в от 100 до 150 кг/м³.

Также плотины могут возводиться из еще более пластичной смеси, содержащей в своем составе до 270 кг/м³ смешанного вяжущего, в котором пуццолановые добавки вводятся до 60%. В таком случае

получаемый бетон имеет плотную структуру и необходимость устройства противодиффузионного экрана исключается.

Имеет место использование бетонных смесей с содержанием смешанного вяжущего в количестве 120-130 кг/м³, в котором содержится 30% активной минеральной добавки, имеющих высокие показатели прочности на сдвиг и применяемые в сейсмоопасных районах.



Рис. 2. Плотина Сен-Винсент, Сан-Диего, построенная по технологии укатанного бетона

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларсен О.А., Солодов А.А., Наруть В.В., Бутенко К.А., Веселов В.К. Исследование свойств тонкодисперсных материалов для получения самоуплотняющегося бетона // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. № 4. С. 359 – 368.
2. Ерофеев В.Т., Афонин В.В., Зоткина М.М., Стенечкина К.С., Тюряхина Т.П., Лазарев А.В. Анализ свойств полимерных композитов с различными типами наполнителей // Строительные материалы. 2024. №1-2. С. 100-109.
3. Иноземцев А.С., Королёв Е.В., Доунг Т.К. Структурная модель течения пластифицированных цементно-минеральных смесей // Строительные материалы. 2020. № 4-5. С. 90-96
4. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Высокопрочные лёгкие бетоны. - г. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2022. - 192 с.
5. Ларсен О.А., Наруть В.В., Бахрах А.М. Пуццолановая активность минеральных добавок для гидротехнических бетонов // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. №3. С. 250 – 260.

*Студент 3 курса 31 группы ИПГС Малхасян Г.А., Мишкин М.А.
Научный руководители – зав. каф. СМ., д-р техн. наук, проф. Самченко
С.В.; доц. каф. СМ, канд. техн. наук, доц. Ларсен О. А.; преп. каф. СМ
Тоболев П. Д.*

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ СУХОГО ЖАРКОГО КЛИМАТА

Данная статья демонстрирует изучение и исследованием вопросов, касающихся процессов бетонирования монолитных конструкций в странах и регионах, где превалирует сухой и жаркий климат, в процессе рассматриваются наиболее подходящие технологии, которые призваны обеспечить больший срок использования данных конструкций. В географии охватываемых регионов входят страны с повышенной температурой и сухим климатом. Эти факторы снижают полезные характеристики бетона при неправильной технологии бетонирования и состава бетонной смеси. Конструкции, к которым не были применены правильные технологии могут обладать недостаточной долговечностью и прочностью.

Излишнее выделение водяного пара является одной из главных проблем процесса бетонирования при сухой и жаркой погоде, так как этот процесс воздействует на разные параметры, оценивающие срок использования бетона. Высокие температуры вызывают повышение скорости химических реакций гидратации портландцемента, что тоже может пагубно повлиять на структуру строения и прочность. В условиях сухого жаркого климата, особенно при изготовлении изделий в открытых цехах и на полигонах без тепловой обработки, усадочные явления из-за контракции и сушки цементного теста протекают наиболее интенсивно.

Для того, чтобы справиться с проблемами такого типа необходимо проведение исследований, сравнение и выбор самого лучшего способа бетонирования монолитных железобетонных конструкций, а ещё проверка разных параметров для оценивания срока службы бетона. Использование бетона с ускорителем твердения, который позволяет быстрее набирать прочность, особенно в ранние сроки - один из вероятных вариантов устранения проблемы. Продукт взаимодействия эпихлоргидрина, водного раствора аммиака и полиакриловой кислоты – одна из специальных добавок, которую необходимо использовать для улучшения водоудерживающей способности бетонной смеси при высоких температурах и низкой влажности.

Заметим, что во время процесса бетонирования нужно сохранять низкую температуру смеси, иначе возможна значительная потеря сопротивления на сжатие (10-15%), в соотношении с контрольными

экземплярами. Экземпляры для проведения тестов в лаборатории должны быть выдержаны при температуре 15-25 °С в течении 20 часов до транспортировки (CSA A23.2-3С).

Таблица 1

Требуемые минимальные температуры бетонной смеси

Толщина конструкции, м	Минимальная температура бетонной смеси, С	Максимальная температура бетонной смеси, С
< 0,3	10	35
0,3-1,0	10	30
1-2	5	25
> 2	5	20

Состав бетонной смеси указан в таблице 2. Туда входит цемент, вода, гранитный щебень и акрилодержащая добавка. Добавку мы получаем при соединении эпихлоргидрина и 30-40% водного раствора аммиака, также добавляем полиакриловую кислоту в пропорции 0,5:0,5:1,0. Данная смесь призвана увеличить водоудерживающую способность бетона при температуре до 40°С.

Таблица 2

Состав компонентов

Компонент	Содержание мас. ч.
Цемент	320-330
Песок кварцевый	555-570
Щебень гранитный	1350-1360
Добавка	6,6-19,2
Вода	160-165

При рассматриваемом сухом жарком климате ускоряется испарение воды из бетонной смеси, поэтому рекомендуется использование пластификаторов для ускоренного затвердения конструкций. Это нужно для избегания возникновения повышенной пористости бетона, что приводит к снижению его прочностных характеристик.

Существует ряд требований, выполнение которых рекомендуется при бетонировании в рассматриваемых условиях:

-требуется заполнять швы и трещины битумом или похожим веществом, при отливке крупных поверхностей;

– применение специальных добавок для повышения пластичности, удобоукладываемости и текучести смеси;

-из-за потери удобоукладываемости смеси требуется компенсировать это повышенным расходом воды, это происходит, как уже было сказано ранее, из-за ускоренного испарения воды из смеси, что приводит к повышенной пористости готового изделия. В связи с этим требуется повышенный контроль за добавкой воды.

-производство бетонной смеси должно быть организовано как можно ближе к месту бетонирования, для сохранения смеси в охлаждённом состоянии, чтобы избежать потерь прочностных характеристик конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ерофеев В.Т., Афонин В.В., Зоткина М.М., Стенечкина К.С., Тюряхина Т.П., Лазарев А.В. Анализ свойств полимерных композитов с различными типами наполнителей // Строительные материалы. 2024. №1-2. С. 100-109.
2. Алимов Л.А., Стенечкина К.С., Воронин В.В., Ларсен О.А. Влияние температурно-влажностных условий на формирование структуры бетонов с наномодификаторами // Научное обозрение. 2015. № 10-1. С. 122-125
3. Королев Е.В., Иноземцев А.С., Иноземцев С.С. Комплексный подход для технико-экономического обоснования внедрения новых строительных материалов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2019. № 4. С. 8-18.
4. Ларсен О.А., Бахрах А.М. Композиционное вяжущее для токопроводящего бетона // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. № 3. С. 127 – 131.

Студент ИПГСм-2-31 Охлопков А.Н., студент ИПГС-2-31 Дмитриева С.С.

Научный руководитель – доц., каф. СМ, канд. техн. наук, доц. И.В. Степина

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОДНОСЛОЙНЫХ БЕТОННЫХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ

Модернизация производства однослойных стеновых панелей из бетона является актуальной темой в современной строительной индустрии. Бетонные стеновые панели широко используются в строительстве различных объектов – от жилых домов до промышленных сооружений. Однако, с учетом постоянно меняющихся требований к строительным материалам, а также стремления к более эффективному и экологичному производству, существует необходимость в модернизации процесса производства данных панелей [1, 2, 3].

Целью модернизации производства однослойных стеновых панелей из бетона является увеличение эффективности и качества производства, а также снижение затрат и вредного воздействия на окружающую среду. Для достижения этих целей возможны различные инновационные подходы: от применения новых технологических решений и материалов до автоматизации производственных процессов.

Одно из направлений модернизации производства стеновых панелей из бетона – использование современных компьютерных технологий и программного обеспечения для проектирования и контроля процесса производства. Это позволяет сократить время на разработку и оптимизацию конструкций панелей, а также повысить точность изготовления.

Кроме того, большое внимание уделяется экологическим аспектам производства бетонных стеновых панелей. В рамках модернизации процесса производства рассматриваются возможности использования экологически чистых материалов, уменьшение выбросов вредных веществ и оптимизация использования ресурсов.

Таким образом, модернизация производства однослойных стеновых панелей из бетона является необходимым и актуальным направлением развития строительной индустрии. Она позволяет повысить эффективность, качество и экологическую устойчивость производства панелей, а также соответствовать современным требованиям рынка и потребностям общества.

В последние годы производство стеновых панелей из бетона стало все более востребованным в строительной отрасли благодаря своей прочности, долговечности и экономичности. Однако с развитием технологий и появлением новых материалов возникла потребность в

модернизации этой технологии и повышении качества производимых панелей.

Процесс изготовления однослойных бетонных стеновых панелей начинается с подготовки формы для отлива панели. Формы могут быть различной конфигурации и размера, в зависимости от требований проекта. Затем на дне формы укладывается арматурная сетка, которая будет служить для увеличения прочности панели [4, 5].

Далее происходит заливка формы бетоном. Для этого используется специальный бетонный раствор, который обычно состоит из цемента, воды и щебня или песка. Для улучшения свойств бетона могут добавляться различные добавки, такие как пластификаторы или ускорители схватывания.

После заливки формы бетоном происходит процесс укладки лицевого слоя. Лицевой слой - это декоративная отделка панели, которая придает ей внешний вид и защищает от воздействия окружающей среды. Лицевой слой может быть выполнен из различных материалов, таких как облицовочные плитки, декоративные штукатурки или камень.

Последний этап процесса изготовления однослойных бетонных стеновых панелей - это процесс отверждения и застывания бетона. Обычно это занимает от нескольких часов до нескольких дней, в зависимости от климатических условий.

Изучение литературы на тему модернизации технологии производства однослойных стеновых панелей из бетона позволяет выделить несколько основных аспектов и исследований, которые проводились с целью улучшения этого процесса.

Использование новых добавок и суперпластификаторов. Одним из предлагаемых способов повышения качества и улучшения технологии производства стеновых панелей является использование новых добавок и суперпластификаторов. Множество исследований посвящено изучению влияния различных добавок на характеристики бетона, таких как прочность, текучесть, плотность и деформации. Результаты показывают, что эти добавки могут значительно улучшить свойства бетонной смеси и повысить качество стеновых панелей.

Применение новых методов армирования. Одной из важных задач в производстве стеновых панелей является обеспечение их прочности и устойчивости. В литературе можно найти исследования, посвященные применению новых методов армирования, таких как применение стеклопластика, волокон и композитных материалов в качестве арматуры. Эти исследования показывают, что такие методы могут значительно увеличить прочность стеновых панелей [6].

Автоматизация и роботизация процесса производства. Современные технологии автоматизации и роботизации предоставляют новые

возможности для модернизации технологии производства стеновых панелей из бетона. Исследования, посвященные автоматизации этого процесса, демонстрируют улучшение качества продукции, повышение производительности и сокращение затрат на рабочую силу.

Применение новых методик контроля качества. Исследования, посвященные внедрению методов, компьютерной визуализации и дефектоскопии, показывают, что эти методы позволяют выявлять дефекты и деформации в стеновых панелях на ранних этапах производства и принимать меры для их устранения.

Таким образом, модернизация технологии производства однослойных стеновых панелей из бетона является актуальной и перспективной задачей в строительной отрасли. Литературный обзор показывает, что множество исследований проводилось в данной области, что позволяет получить ценную информацию и рекомендации для улучшения этого процесса. Однако дальнейшие исследования и практическое внедрение новых методов и технологий могут способствовать дальнейшему развитию и совершенствованию производства стеновых панелей из бетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сажнев Н.П. и др. Наружные ограждающие конструкции зданий из крупноразмерных ячеисто-бетонных изделий // Строительные материалы. – 2011. – № 3. – С. 12-18.
2. Патент на полезную модель № 49052 U1 Российская Федерация, МПК E04C 2/04, E04B 2/00.
3. Гарипов, В.С. Сравнительный анализ однослойных и трёхслойных стеновых панелей / В. С. Гарипов, В. О. Лосицкая // Наука и мир. – 2018. – № 12-1(64). – С. 47-49.
4. Давидюк А.Н., Несветаев Г.В. Крупнопанельное домостроение – важный резерв для решения жилищной проблемы в России // Строительные материалы. – 2013. – № 3. – С. 24-26.
5. Дворников Р.М., Самченко С.В. Изучение зоны контакта шлакосиликатного поризованного композита с древесной щепой в арболитовых материалах // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. No2. С. 157 – 167
6. Иноземцев А.С., Королев Е.В., Зыонг Т.К. Реологические особенности цементно-минеральных систем, пластифицированных поликарбонатным пластификатором // Региональная архитектура и строительство. 2019. № 3 (40). С. 24-34.

Студент 4 курса 32 группы ИПГС Плотников И.А.

Студентка 4 курса 32 группы ИПГС Грачёва Е.А.

Научный руководитель – доц. каф. СМ, канд. техн. наук, доц. О.А. Ларсен

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОДУЛЕЙ ДЛЯ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

В сравнении с широко и массово используемой монолитной системой домостроения в России, современное легкое блок-модульное домостроение позволит увеличить скорость ввода жилья в несколько раз, при этом сократив трудозатратность и материалоемкость строительства. Понижение затрат на строительство влечет за собой уменьшение стоимости жилья, а значит и повышение его доступности для населения, при этом с прогнозируемым улучшением качества жилья [1].

Наряду с доступностью блочного модуля он так же хорошо перерабатывается. По необходимости можно использовать отдельные части блок-модуля, а также переработать их поэлементно, что благоприятно сказывается на перспективности данной продукции.

В настоящее время для производства железобетонных изделий чаще всего используются два направления: изготовление продукции на недвижимых стендах – стендовый и кассетный способы; перемещение формы с изделием с одного поста на другой – конвейерная и агрегатно-поточная технологии [2, 3]. В данной статье будут рассмотрены два способа, использующихся чаще других – кассетный и конвейерный.

Кассетная технология является разновидностью стендовой и характеризует протекание большей части технологического процесса в стационарных формах-кассетах. Наиболее эффективное применение этого способа заключается в мелкосерийном производстве широкой номенклатуры изделий.

Для удобства подачи бетонной смеси кассетно-формовочные установки при проектировании располагают в одну технологическую линию. Бетон подается в отсеки с помощью бетонораздатчика. После бетонирования производится тепловая обработка изделий путем пуска теплоносителя в специально вмонтированную систему в отсеках кассеты. Затем изделие мостовым краном с траверсой извлекается из отсека кассеты и выдерживается в течении определенного времени и затем мостовым краном с траверсой устанавливаются на самоходную тележку, и вывозятся на склад готовой продукции [4, 5].

Сравнивая с другими технологиями производства железобетонных изделий, кассетный способ является менее трудоемким в части изготовления и отделки блок-модулей, а также требует меньшего расхода теплоносителя и энергоресурсов.

На практике был выявлен основной ряд преимуществ производства железобетонных изделий посредством кассетной технологии:

- получение изделий с большой точностью размеров и лучшим качеством поверхности, по сравнению с другими технологиями;
- так как при изготовлении изделий данным способом, открытой поверхности остается не более 6%, допускается более жесткий режим тепловой обработке, чем при классическом пропаривании, что сказывается на общей продолжительности производственного цикла;
- более резкий подъем температуры (60-70° С/ч).

В связи с высоким удельным весом ограждающих конструкций в структуре гражданских и промышленных зданий именно для производства наружных стеновых панелей широкое распространение получили разнообразные конвейерные линии [6].

Конвейерный способ изготовления изделий наиболее прогрессивным из существующих. Этот способ производства позволяет максимально автоматизировать и механизировать весь процесс производства, за счет чего снижается трудоемкость при производстве изделий и себестоимость продукции. При конвейерном способе производства железобетонных изделий весь технологический процесс разделяется на отдельные технологические операции, что позволяет максимально эффективно использовать оборудование.

Преимущества:

- Обеспечение высокой автоматизации всех технологических процессов, что позволяет увеличить производительность и улучшить условия труда, снизив нагрузку на работников.
- Улучшение качества выпускаемой продукции, за счет механизации технологических операций.
- Эффективное использование оборудования и производственных площадей.

Технологический процесс включает в себя следующие этапы [7]:

1) Подготовка форм

На данном посту осуществляется автоматическая очистка форм.

2) Сборка опалубки и нанесение смазки

Сборка форм осуществляется с помощью специальной установки с щетками, далее наносится смазка путем распыления на стенки формы.

3) Армирование

На данном посту устанавливаются армирующие каркасы в проектное положение с помощью крана в подготовленную опалубку. Так же на данном посту осуществляется натяжение арматуры.

4) Укладка бетонной смеси

Укладка бетонной смеси производится с помощью бетонораздатчика. Использование самоуплотняющегося бетона не требует уплотнения и обеспечивает высокое качество поверхности изделий.

- 5) Термообработка изделия в камере ТВО.
- 6) Распалубка изделий.
- 7) Сборка стеновых панелей в железобетонный модуль.
- 8) Складирование готовой продукции.

Производство железобетонных модулей повышенной заводской готовности активно развивается из-за большого количества преимуществ.

Так как при изготовлении изделий данным способом, открытой поверхности остается не более 6%, допускается более жесткий режим тепловой обработки, что сказывается на общей продолжительности производственного цикла

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иноземцев А.С., Королёв Е.В., Зыонг Т.К. Выбор суперабсорбирующего полимерного гидрогеля для цементных систем // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 7. С. 64–70.
2. Ушков В.А., Налбандян Г.В., Зорин Д.А., Кирьякова Л.В. Прочность дисперсно-армированных ремонтных составов // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №3. С. 101 – 109.
3. Самченко С.В., Давидюк А.Н., Новиков Н.В. Влияние дисперсности барийсодержащей добавки для радиационно-защитных композиционных материалов на физико-механические свойства цемента // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №3. С. 95 – 100.
4. Бурьянов А.Ф., Гальцева Н.А., Булдыжова Е.Н. Модифицированное вяжущее на основе синтетического ангидрита // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №3. С. 88 – 94.
5. Козлова И.В. Опыт применения наноразмерных частиц в производстве строительных материалов // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №3. С. 81 – 87.
6. Овчаренко Г.И. Влияние нано добавок на состав анионов цементной фазы C-S-H // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №3. С. 74 – 80.
7. Samchenko, S.V.; Larsen, O.A.; Kozlova, I.V.; Alpackiy, D.G.; Alobaidi, D.A.N. Concrete Modification for Hot Weather Using Crushed Dolomite Stone. Buildings 2023,13,2462. <https://doi.org/10.3390/buildings13102462>

Студент 4 курса 33 группы ИПГС Мьяриянов И. М.

Научный руководитель - доц. каф. СМ, канд. техн. наук, доц. И.В. Козлова

ПРОИЗВОДСТВО ТРЕХСЛОЙНЫХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО БЕТОНА

В условиях Крайнего Севера особенно необходима технология строительства, снижающая себестоимость квадратного метра и увеличивающая скорость возведения зданий. Технология строительства зданий из трехслойных стеновых панелей показывает себя с наилучшей стороны, особенно с использованием наномодифицированного бетона. Наномодифицированный бетон обладает высокими прочностными характеристиками при низком водоцементном соотношении. Это позволяет уменьшать размеры бетонных изделий и снижать вес конструкции.

Углеродные нанотрубки - это аллотропная модификация углерода, представляющая собой полую цилиндрическую структуру диаметром от десятых до нескольких десятков нанометров и длиной от одного микрометра до нескольких сантиметров, состоящие из одной или нескольких свернутых в трубку графеновых плоскостей [1].

Изучение материала проводилось в лабораториях на гидравлическом прессе. Был проверен предел прочности у полученного наномодифицированного бетона на изгиб и на сжатие. Результат: удалось сократить количество цемента в 2 раза, а именно, с 500 кг/м³ до 250 кг/м³, увеличив количество песка, путем внесения углеродных нанотрубок.

При проектировании и строительстве конструкций существенную роль играет выбор материала. От него будет зависеть прочность, надежность конструкций и сооружения в целом [2-6]. Наномодифицированный бетон, характеризующийся высокими физико-механическими показателями, открывает новые возможности для проектирования и строительства.

Для исследований были изготовлены образцы бетона с содержанием цемента в 250 кг/м³ и с добавлением одностенных углеродных нанотрубок фирмы TUBALL с предварительной диспергацией в химическую добавку. В момент замешивания данный раствор добавлялся в бетон. Был проверен предел прочности у полученного наномодифицированного бетона на изгиб и на сжатие. Далее была проведена сравнительная характеристика “легкого бетона”, тяжелого бетона и наномодифицированного бетона. Установлено, что нанобетон ничем не уступает, а даже превосходит сверхпрочный бетон по прочности на изгиб.



Рис. 1. Возведенная коробка гаража Рис. 2. Распалубка панели

Построен гараж 6х6м из трехслойных стеновых панелей 6х3 м. Изготовление панелей производится прямо на участке (рис.1,2), что сокращает затраты. На подготовленной поверхности собирается опалубка для заливки панелей. Толщина первого слоя составляет 2,5 см, сверху накладывается полистирол толщиной 20 см, позже запечатывается бетонным слоем толщиной 2,5 см. Во время формирования опалубки, расставляются закладные детали, прокладываются нагревающие кабели, ускоряющие процесс схватывания бетона. В момент замешивания бетонного раствора добавляются химические добавки, содержащие УГН, фиброволокно. После заливки каждого из слоев используют виброрейку для уплотнения бетона. Спустя 8 часов бетон набирает распалубочную прочность и можно поднимать панели для просушки. На земельном участке были залиты 5 панелей, которые в последующем были подняты краном и смонтированы между собой с помощью сварки стальных закладных. На строительство данной конструкции ушло 7 дней, сам процесс монтажа панелей занял менее 4 часов. Таким образом, был построен гараж 6х6 м с применением наномодифицированного бетона [7-10].

Была применена технология строительства зданий из трехслойных стеновых панелей в условиях Севера. Спроектированы трехслойные стеновые панели размерами 6х3 м, 7,2х4,5 м. Проверены возможности наномодифицированного бетона. Рассчитан коэффициент термического сопротивления стен, он составил 5,07 Вт/(м²*°С), этого достаточно для эксплуатации гаража в условиях Севера. Создан экспериментальный объект в виде гаража с применением наномодифицированного бетона, в котором сокращена толщина бетонного слоя до 25 мм в трехслойной бетонной панели с каждой стороны, что позволяет уменьшить вес, следовательно, сократить расходы на материалы, трудовые ресурсы,

транспортировку и монтаж изделий. Удалось сократить количество цемента без снижения физико-механических свойств бетона, за счет добавления 1 грамма УГН. Таким образом, себестоимость материала была снижена на 20% в условиях Крайнего Севера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Елецкий А.Н. Углеродные нанотрубки. // Успехи физических наук. М: РТЦ «Курчатовский институт», 1997. Т. 167, № 9.
2. Овчаренко Г.И. Влияние нано добавок на состав анионов цементной фазы С-S-H // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №3. С. 74 – 80.
3. Козлова И.В. Опыт применения наноразмерных частиц в производстве строительных материалов // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №3. С. 81 – 87.
4. Овчаренко Г.И., Викторов А.В. Влияние нано добавок на состав анионов фазы С-S-H в гидратированном портландцементе // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №4. С. 145 – 152.
5. Жуков М.О., Толчков Ю.Н., Михалева З.А. Исследование возможности применения модификаторов на основе углеродных наноструктур в технологии эффективных строительных материалов // Молодой ученый. 2012. №5. С. 16-20. URL <https://moluch.ru/archive/40/4777/> (дата обращения: 22.02.2024).
6. Samchenko S.V., Zemskova O.V., Kozlova I.V. The efficiency of application of physical and chemical methods on the homogeneous dispersion of carbon nanotubes in water suspension // Cement-Wapno-Beton, Vol.XX/LXXXII. 2015. № 5. Pp. 322-327.
7. Ерофеев В.Т., Афонин В.В., Зоткина М.М., Стенечкина К.С., Тюряхина Т.П., Лазарев А.В. Анализ свойств полимерных композитов с различными типами наполнителей // Строительные материалы. 2024. №1-2. С. 100-109.
8. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Сравнительный анализ влияния наномодифицирования и микродисперсного армирования на процесс и параметры разрушения высокопрочных легких бетонов // Строительные материалы. 2017. № 7. С. 11-15.
9. Нгуен Дык Винь Куанг, Александрова О.В., Булгаков Б.И., Коровяков В.Ф., Каддо М.Б. Влияние золы-уноса в многокомпонентном вяжущем на прочность бетонов // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. №3. С. 110 – 116.
10. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Высокопрочные лёгкие бетоны. - г. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2022. - 192 с.

Студент 4 года обучения 33 группы ИПГС Сергеев Д.М.

Научный руководитель - доц. каф. СМ, канд. техн. наук, доц. С.И. Баженова

НЕМЕДЛЕННАЯ РАСПАЛУБКА - ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Немедленная распалубка (НР) – это метод производства железобетонных изделий (ЖБИ), при котором опалубка снимается сразу после бетонирования, без ожидания набора бетоном распалубочной прочности.

НР применяется уже более 50 лет, Первый патент на НР был получен в 1965 году в СССР [1].

Первые ЖБИ, изготовленные методом НР, были использованы для строительства жилых домов в Москве.

Преимущества НР:

- НР позволяет сократить время цикла производства ЖБИ на 50-70%. Это может привести к значительному увеличению производительности и снижению затрат.
- Экономия материалов за счет:
 - Снижения расхода опалубки.
 - Снижения расхода бетона за счет более точного контроля за процессом бетонирования.
- НР может привести к повышению качества поверхности ЖБИ за счет:
 - Отсутствия следов от опалубки.
 - Более гладкой поверхности.
- НР позволяет увеличить оборачиваемость опалубки в 2-3 раза.

Недостатки НР:

- Снижение прочности бетона на 10-20%. Это может быть критично для некоторых конструкций.
- НР может привести к образованию трещин в бетоне за счет:
 - Усадка бетона.
 - Неравномерное распределение температурных деформаций.
- Повышение трудоемкости за счет:
 - Необходимости более точного контроля за процессом бетонирования.
 - Необходимости применения более сложных и дорогих технологий бетонирования.

Для НР используются специальные составы бетона, которые должны обладать следующими свойствами:

- Быстрое схватывание: Распалубочная прочность бетона набирается в течение 2-4 часов.
- Высокая тиксотропия: Раствор бетона должен быть тиксотропным, то есть разжижаться при вибрации и загустевать после ее прекращения.
- Низкая усадка: Бетон должен иметь низкую усадку, чтобы минимизировать риск образования трещин.
- Высокая морозостойкость: Бетон должен быть морозостойким, если он используется для производства ЖБИ, которые будут эксплуатироваться в условиях низких температур.

В состав бетона для НР обычно входят:

1. Цемент:

- Тип: Быстротвердеющий цемент, например, портландцемент М400 или М500.
- Требования к свойствам:
 - Высокая прочность на ранних сроках (не менее 30 МПа в 28 суток).
 - Быстрое схватывание (начало схватывания не ранее 45 мин, конец – не позднее 10 часов).
 - Низкая теплота гидратации [2].

2. Заполнители:

- Тип: Песок и щебень.
- Требования к свойствам:
 - Песок: фракция 0-2 мм, модуль крупности 2,0-2,5, содержание глины и ила не более 3% [3].
 - Щебень: фракция 5-20 мм, прочность на сжатие не менее 1000 МПа, морозостойкость F150-F300 [4].

3. Вода:

- Тип: Чистая вода, не содержащая примесей.
- Требования к свойствам:
 - Содержание сульфатов не более 300 мг/л.
 - Содержание хлоридов не более 500 мг/л.
 - рН не менее 6 [5].

4. Добавки:

- Тип: Суперпластификаторы, ускорители схватывания, противоморозные добавки.
- Требования к свойствам:
 - Суперпластификаторы: должны увеличивать подвижность бетонной смеси на 10-20 см.
 - Ускорители схватывания: должны сокращать время схватывания бетона на 20-30%.

- Противоморозные добавки: должны понижать температуру замерзания воды в бетоне на 5-10°C.
- Дозировки:
 - Суперпластификаторы: 0,2-0,5% от массы цемента.
 - Ускорители схватывания: 0,5-2% от массы цемента.
 - Противоморозные добавки: 2-4% от массы воды.

Важно отметить, что состав бетона для НР должен подбираться индивидуально для каждого конкретного случая, с учетом требований к прочности, морозостойкости, водонепроницаемости и другим характеристикам бетона.

Перспективы использования НР:

НР может быть применена для производства ЖБИ, к которым предъявляются высокие требования по прочности и морозостойкости.

НР может привести к снижению стоимости ЖБИ за счет сокращения времени производства и экономии на ТВО, следовательно может повысить конкурентоспособность ЖБИ на рынке.

Разработка новых составов бетона, которые будут обладать более высокой прочностью, морозостойкостью и tiksotropией.

Разработка новых технологий бетонирования, которые будут обеспечивать более высокое качество поверхности ЖБИ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ерофеев В.Т., Афонин В.В., Зоткина М.М., Стенечкина К.С., Тюряхина Т.П., Лазарев А.В. Анализ свойств полимерных композитов с различными типами наполнителей // Строительные материалы. 2024. №1-2. С. 100-109.
2. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Высокопрочные лёгкие бетоны. - г. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2022. - 192 с.
3. Иноземцев А.С., Королев Е.В., Зыонг Т.К. Реологические особенности цементно-минеральных систем, пластифицированных поликарбоксилатным пластификатором // Региональная архитектура и строительство. 2019. № 3 (40). С. 24-34.
4. Казакова Г.К., Сафронова Т.В., Шевцова О.А. Порошок, синтезированный из хлорида магния и гидрофосфата аммония, для получения керамики на основе пирофосфата магния // Техника и технология силика- тов. 2021. Т. 28. №3. С. 68 – 73.
5. Ларсен О.А., Солодов А.А., Наруть В.В., Бутенко К.А., Веселов В.К. Исследование свойств тонкодисперсных материалов для получения самоуплотняющегося бетона // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. № 4. С. 359 – 368.

Студент 3 курса 32 группы ИПГС Тихий А.А.

Студент 3 курса 32 группы ИПГС Асташин Л.Д.

Научный руководитель – проф. каф. СМ., док. техн. наук, проф. Ю.Р.

Криворобородов

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВЯЖУЩИЕ С КАРБОНАТНЫМИ МИКРОНАПОЛНИТЕЛЯМИ

В настоящее время одной из актуальных задач в области строительных материалов является разработка композиционных вяжущих с карбонатными микронаполнителями. Эта проблема возникает в связи с необходимостью улучшения механических и физико-химических свойств строительных материалов, а также снижения их экологической нагрузки. В данной статье рассматривается возможность применения карбонатных микронаполнителей для улучшения характеристик композиционных вяжущих и их влияние на конечные свойства строительных материалов. Установлено, что на физико-механические показатели цементного камня влияет химико-минералогический состав бетона [1].

Анализируя проблему, можно предположить, что введение карбонатных микронаполнителей в композиционные вяжущие может привести к улучшению прочностных характеристик, повышению устойчивости к химическому воздействию и снижению плотности материала. Предполагается, что в результате экспериментальных исследований можно разработать эффективные композиционные вяжущие с использованием карбонатных микронаполнителей, обладающие улучшенными характеристиками [2].

Карбонатные наполнители, такие как нанокальцит, нанодоломит и наномagnesит, обладают нанометровыми размерами частиц, что позволяет им лучше интегрироваться в структуру композиционных вяжущих. Это может улучшить связь между частицами вяжущего и наполнителя, а также распределение нагрузки в материале.

Карбонаты обладают химической инертностью, что может уменьшить реактивность материала и улучшить его стойкость к различным агрессивным средам, таким как кислоты, соли и влага. Это может способствовать повышению долговечности и устойчивости композиционных вяжущих [3].

Предполагается, что добавление карбонатных микронаполнителей может улучшить механические свойства композиционных вяжущих, такие как прочность на сжатие, изгиб и растяжение. Это может быть обусловлено укреплением структуры материала за счет добавления наночастиц и улучшением сцепления между компонентами материала.

Экологическая перспектива: Использование карбонатных микронаполнителей может также способствовать снижению экологической нагрузки от производства композиционных вяжущих. Эти наполнители являются относительно экологически чистыми материалами, что может быть важным фактором при выборе строительных материалов в современной экологически ориентированной строительной индустрии.

Поведено литературное сравнение механических характеристик вяжущего вещества с карбонатным микронаполнителем. Ниже приводится краткая характеристика выделенных промышленных подтипов месторождений карбонатных пород на основании анализа данных геологических фондов ЦНИИгеолнеруда и с учетом руководства по оценке месторождений различных типов [4].

Месторождения кальцит-доломитового подтипа в РТ представлены доломитами и известковыми доломитами. Среднее содержание СаО в них около 30 %. Верхний предел этого содержания обычно не превышает 35 % и лишь на некоторых месторождениях достигает 40 %. Нижний предел содержания СаО обычен. Среднее содержание MgO – 20-21%, максимальное – 22,7 %. Содержание в доломитах других компонентов составляет (%): SiO₂ – 0,5-8,0; Al₂O₃ – 0,12-4,66; Fe₂O₃ – 0,11-2,53; SO₃ – до 0,5; CO₂ – 44-48; п.п.п. – 29-47; н.о. – 0-27. Содержание CaCO₃+MgCO₃ –

75,0-99,9 %. По данным минералого-петрографического анализа, доломит в основном белый, реже серый, хемогенный, мелкозернистый, мелкопористый.

Физико-механические свойства доломитов следующие: средняя плотность – 1,8-2,6 г/см³; водопоглощение – 1,7-16,4 %; истинная плотность – 2,3-2,8 г/см³; пористость – 9-28 %; прочность в сухом состоянии – 20-120 МПа; прочность в водонасыщенном состоянии – 5-50 МПа; морозостойкость пород – F15-F25; истираемость – I-III, IV-V.

Доломиты пригодны для получения строительного камня, известковых мелиорантов, магнезиальных вяжущих.

Доломит-кальцитовый подтип

Карбонатные породы доломит-кальцитового подтипа в РТ сложены большей частью известняками доломитовыми. Они характеризуются следующим составом (%): СаО – 20-48; MgO – 6-14; Al₂O₃+Fe₂O₃ – 0,4-10,0; SO₃ – до 2; н.о. – 0,9-24,0; п.п.п. – 29-44.

Физико-механические свойства пород: средняя плотность – 2,2-2,6 г/см³; истинная плотность – 2,7-2,8 г/см³; водопоглощение – 0,4-10,0; пористость – 2-27; прочность в сухом состоянии – 40-132 МПа; прочность в водонасыщенном состоянии – 20-124 МПа.

Основные направления использования пород месторождений доломит-кальцитового подтипа – производство щебня, бутового камня и известковых мелиорантов.

В сравнении с другими подтипами, кальцитовый подтип объединяет наибольшее количество месторождений карбонатных пород РТ. Последние представлены в основном известняками доломитистыми.

Чистые известняки встречаются очень редко в виде маломощных слоев, имеющих ограниченное распространение по площади. Всего месторождений с относительно чистыми известняками более десяти. Средняя мощность продуктивных пластов в большинстве случаев около 0,4 м. Площадь их распространения 2-10 га. Запасы не превышают 100 тыс. м³.

Общий анализ состава карбонатных пород показывает, что количество оксида магния варьируется от уровня примесей до основного компонента в зависимости от состава. Это важный аспект, который необходимо учитывать, особенно когда методы кальцинации используются в производстве строительных материалов. Например, при производстве вяжущих материалов режим прокаливания, который обычно устанавливается для максимального выхода основного компонента, приводит к пережогу MgO, недостаточному выходу MgO или CaO, или к тому и другому, способствуя образованию минералов с различной гидратационной способностью во время прокаливания сырья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларсен О.А., Солодов А.А., Наруть В.В., Бутенко К.А., Веселов В.К. Исследование свойств тонкодисперсных материалов для получения самоуплотняющегося бетона // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. № 4. С. 359 – 368.
2. Ларсен О. А., Альобаиди Д. А. Н., Наруть В.В., Матюшин Е.В., Бутенко К. А., Веселов В.К. Получение доломитового микронаполнителя для бетонов, эксплуатируемых в условиях сухого жаркого климата // Техника и технология силикатов. 2023. Т.30. № 1. С. 56 – 65.
3. Ларсен О.А., Воронин В.В., Самченко С.В. Критерии оценки структурно-технологических характеристик бетона // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, № 2. – С. 129-143.
4. Ларсен О.А., Самченко С.В., Стенечкина К.С., Алпацкий Д.Г. Влияние тонкодисперсных материалов на самоуплотняемость бетонной смеси // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, № 3. – С. 217-229.

Студентка 4 курса 31 группы ИПГС Тычинина А.М.

Научный руководитель – доц. каф. СМ, канд. техн. наук, доц О.Ю. Баженова

ОТВАЛЬНЫЕ ШЛАКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОНОВ

Одной из глобальных экологических проблем является загрязнение окружающей среды отходами производства, а именно, вопрос их рациональной утилизации. Объем промышленных отходов растет практически каждый год. Таким образом, на 2023 год Российские предприятия произвели рекордные 9 млрд тонн отходов, что на 6,7% превышает показатели 2021 года.

Наиболее рациональным направлением утилизации промышленных отходов является их использование в качестве вторичного сырья для производства строительных материалов. Их использование в производстве строительных материалов позволяет на 40% удовлетворить потребность в сырье, на 10 – 30% снизить затраты на изготовление (по сравнению с природным сырьем), и сэкономить капитальные вложения примерно на 35 – 50%.

В производстве строительных материалов распространение получили отходы металлургии, основная масса которых образуется в виде шлаков.

Шлаки – это продукты высокотемпературного взаимодействия компонентов исходных материалов (топлива, руды, плавней и газовой среды). В основном шлаки получают путем полного расплавления исходных компонентов, из – за чего являются наиболее однородными и содержат стекловидную фазу. Металлургические шлаки подразделяют на шлаки цветной и черной металлургии [1].

Шлаки цветной металлургии относят к кислым шлакам, с модулем основности меньше единицы, следовательно, с пониженным содержанием оксидов кальция и магния ($\text{CaO} + \text{MgO} = 7 - 13\%$), и высоким содержанием оксида железа (21 – 61%) Шлаки цветной металлургии в основном применяют при производстве цемента в качестве активной минеральной добавки.



Рис.1 Шлаковые отвалы



Рис.2 Слив шлака

Наиболее широкое распространение в строительной промышленности получили шлаки черной металлургии. К ним относят доменные, сталеплавильные, электроплавильные, ваграночные и др. (рис.1).

Сталеплавильные шлаки не гранулируют, а сливают в отвалы, поскольку при охлаждении они полностью кристаллизуются. Они характеризуются высоким модулем основности, следовательно, они наиболее подвержены известковым и магнезиальным распадам. За счет пониженного содержания оксида кремния такие шлаки почти не содержат стекловидной фазы (рис.2).

Ваграночные шлаки образуются при плавке чугуна в вагранках, обладают низким модулем основности (не более 0,8), и содержат стекловидную фазу. добавки (красящего пигмента) для получения цветного цемента.

Наиболее широко в производстве строительных материалов применяют доменные шлаки, получаемые при выплавке передельных и литейных чугунов. Доменные шлаки имеют меньшую механическую прочность, по сравнению с отвальными шлаками, и, следовательно, наиболее пригодны для измельчения. Основная масса доменных гранулированных шлаков поступает в производство цементов, вяжущих, шлакощелочных бетонов, и в качестве заполнителя в цементных и дорожных бетонах.

Металлургические шлаки являются одними из наиболее доступных заполнителей для бетонов. Стоимость шлаковых заполнителей в 2 раза меньше, чем заполнителей из природного камня. Их подразделяют по насыпной плотности на тяжелые и легкие, а по крупности заполнителя – на мелкие и крупные [2, 3].

Для производства шлакового щебня в основном применяют отвальные шлаки, получаемые дроблением или специальной обработкой огненно – жидких шлаковых расплавов. Литой шлаковый щебень характеризуется высокими морозо- и жаростойкостью, а также сопротивлением истиранию.

Необходимым условием получения заполнителей из металлургических шлаков является их устойчивость к различным видам распада. Полиморфное превращение ортосиликата кальция – основная причина, вызывающая силикатный распад, возникающая при медленном охлаждении шлаков. Именно поэтому, наибольшее количество отвальных шлаков подвергают быстрому охлаждению. Шлаки, пролежавшие в отвалах длительное время и не имеющие признаков распада, считаются наиболее устойчивыми. Для проверки устойчивости шлаков их подвергают пропариванию над кипящей водой или в

автоклавах, при этом шлак считается стойким, если потеря массы при испытании не превышает 5%.

Физико – механические свойства шлакового щебня изменяются в более широком интервале, чем заполнители из горных пород. Это обусловлено тем, что качество сырьевых материалов имеют большой диапазон колебаний: средняя плотность 2300-3400 кг/м³, водопоглощение 0,4-4,0 %, прочность при сжатии 70-140 МПа. и минералогическому составу, зерновому составу и примесям.

Таким образом, в зависимости от вида шлаковых заполнителей, изготавливают бетоны с различной средней плотностью: особо тяжелые на некоторых шлаках сталеплавильного производства и цветной металлургии; тяжелые – на литом и отвальном шлаковом щебне, песке и гранулированном шлаке [4, 5].

Отвальные шлаки можно использовать в производстве большинства железобетонных изделий, в основном из тяжелого бетона. Отличительной чертой железобетонных изделий с применением отвальных шлаков в качестве заполнителя является отсутствие преднапряжения арматуры. Помимо этого, отвальные шлаки можно использовать в дорожном строительстве, при производстве асфальтобетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самченко С.В., Ларсен О. А., Былинкин Д.С. Комплексные противоморозные добавки для монолитного строительства в условиях крайнего севера // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. No2. С. 145 – 156.
2. Дворников Р.М., Самченко С.В. Изучение зоны контакта шлакосиликатного поризованного композита с древесной щепой в арболитовых материалах // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. No2. С. 157 – 167
3. Василик П.Г., Бурьянов А.Ф., Макаров Е.М. Влияние вида суперпластификатора на свойства комплексного вяжущего на основе гипса // Техника и технология силикатов. 2022. Т. 29. No2. С. 168 – 178.
4. Нгуен Дык Винь Куанг, Александрова О.В., Булгаков Б.И., Коровяков В.Ф., Каддо М.Б. Влияние золы-уноса в многокомпонентном вяжущем на прочность бетонов // Техника и технология силикатов. 2021. Т. 28. No3. С. 110 – 116.
5. Иноземцев А.С., Королёв Е.В., Зыонг Т.К. Выбор суперабсорбирующего полимерного гидрогеля для цементных систем // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 7. С. 64-70.

ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ СОСТАВОВ И СВОЙСТВ СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМЗИТА В РЕСПУБЛИКЕ КАРАКАЛПАКСТАН

Стратегическое развитие производства строительных материалов, в том числе керамических, в Республике Каракалпакстан требует новых радикальных подходов и решений в технологии их производства.

Потребляемая в настоящее время в Каракалпакстане теплоизоляционная продукция в основном производится из сырья, расположенного за пределами региона, которое необходимо транспортировать в районы производства и потребления, что значительно увеличивает затраты [1,2]. Поэтому особенно важно разрабатывать новые виды изоляционных материалов из местного минерального сырья, в том числе из промышленных отходов.

Известно, что все основные физико-механические и физико-химические свойства строительных изделий, особенно керамзитового утеплителя, напрямую зависят от химического и минералогического состава самого материала, доли основных и следовых оксидов в нем, а значит, и от химического состава сырья, из которого этот материал получен. В качестве сырья для получения керамзитовых теплоизоляционных строительных материалов, служат бентониты и бентонитовые глины, состоящие в основном из минералов группы монтмориллонита $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$ и способные вспучиваться при обжиге. Поэтому химико-минералогический и гранулометрический состав глинистого сырья Каракалпакстана, в частности глин месторождений Северный Джамансай и Кушканатау, определялся по стандартным методикам для разработки эффективных составов адиабатических керамзитовых строительных материалов.

Глина Северо-Джамансайского месторождения (рис.1) - это многоминеральная порода, расположенная в районе Берни, в 9 км к юго-востоку от железнодорожной станции Калаусяк. Порода имеет светлый коричневато-желтый цвет, ее минералогический состав - гидратный монтмориллонит. Образцы этой глины вскипают при взаимодействии с 10 %-ным раствором соляной кислоты. Тугоплавкость ниже температуры $1380^{\circ}C$, поэтому в зависимости от тугоплавкости исследуемая глина относится к группе легкорастворимого сырья. По содержанию цветных оксидов в обожженном состоянии северо-джамансайская глина относится к группе с высоким содержанием цветных оксидов. Число пластичности исследованных образцов северо-джамансайской глины составляет около 14-18 (по Аттербергу), что

означает принадлежность глины к группе умеренно пластичного сырья. По определённому значению коэффициента чувствительности глина относится к группе малочувствительного сырья, который составляет 0,413 по Чижскому ЭК. Толщина глины на Северо-Джамансайском месторождении колеблется от 5 до 24 м.

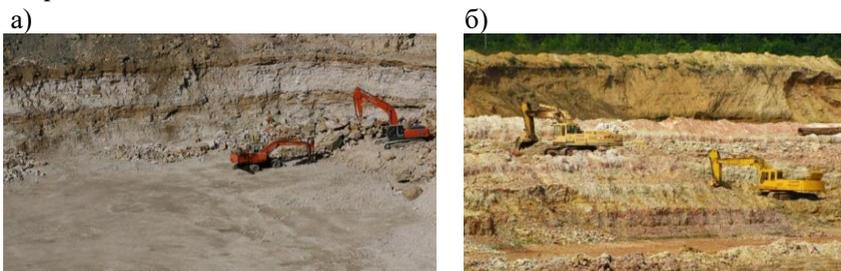


Рис. 1. Месторождение глин: а) глина Северо-Джамансайского месторождения б) глина Кушканатауского месторождения

Глина Кушканатауского месторождения расположена в северо-западной части от г. Чимбая в Бозатауском районе. Геологическое строение площади данной глины связано с олигоценowymi и неогеновыми отложениями. В глине присутствуют прослои мергеля мощностью 3-4 см, конкреции пирита и жирные пятна с налетом марганца. Бурения мощность этих глин составляет 30-32м [2].

По минералогическому составу это также монтмориллонит - гидрокальцит, который вскипает при взаимодействии с 10%-ным раствором соляной кислоты, а по огнеупорности относится к группе легкоплавкого глинистого сырья; средние значения пластичности по методу Аттерберга [2] составляют около 14-20.

Результаты полученных химических анализов показывают, что по содержанию Al_2O_3 в прокаленном состоянии глина относится к группе полуокислого сырья. По содержанию цветных оксидов ($Fe_2O_3+TiO_2$) в прокаленном состоянии бентонитовая глина месторождения Кушканатау относится к группе сырья со средним содержанием.

Следует отметить, что основными компонентами, определяющими пригодность минерального сырья для производства керамзитовых строительных материалов [3-5], являются тугоплавкие оксиды и оксиды щелочных металлов и щелочноземельных металлов.

Результаты химического анализа используемых исходных сырьевых материалов Кушканатауского (Кш) и Северо-Джамансайского (СЖ) месторождений глин для составления сырьевой смеси масс для керамзита приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты химического анализа сырьевых материалов

п/п	Массовое содержание оксидов, % на воздушно сухое вещество										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅
КШ -1	59,8	15,8	4,6	1,7	0,9	1,8	1,7	2,5	1,8	0,41	0,11
КШ -2	59,2	16,4	4,6	1,9	0,8	1,8	1,6	2,9	1,6	0,45	0,10
КШ -3	59,0	17,0	4,4	1,6	0,8	1,7	1,6	2,9	1,7	0,52	0,14
КШ ср.	59,3	16,4	4,5	1,7	0,8	1,8	1,6	2,8	1,8	0,46	0,12
СЖ -1	60,9	16,9	4,1	1,3	0,8	0,6	1,8	1,7	2,5	0,51	0,09
СЖ -2	60	16,1	4,4	1,6	0,8	0,9	1,9	1,5	2,7	0,93	0,10

Сравнение химического состава и показателей ППС с требованиями показывает, что данное глинистое сырье пригодно для производства керамзитового утеплителя. Установлено, что они пригодны для производства керамзитового утеплителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Пиримов Т.Ж., Сейтназаров А.Р., Эшбуриев Т.Н., Мухамедбаев А.А.* Нетрадиционная сырьевая смесь для производства порландцементного клинкера // В сборнике: International scientific review of the technical sciences, mathematics and computer science. Collection of scientific articles XIV International correspondence scientific specialized conference.- 2020. С. 41-45.
2. *Калбаев А.М., Абдикамалова А.Б.* Исследование влияния режима механической активации на технологические свойства глин Каракалпакстана // Научный журнал. -2018. № 6 (29). С. 6-9.
3. *Торопков Н.Е.* Влияние условий формования глинистого сырья на получение керамзита и методы утилизации отходов при производстве керамзита // Научный альманах. -2015. № 8 (10). С. 1039-1045.
4. *Сагындыков А.А., Наширалиев Т., Сейдибалиева А.Ы., Абуталипов Е.А.* Физико-механические свойства пенобетона на основе особо легкого керамзита // Механика и технологии. - 2019. № 4 (66). С. 142-149.
5. *Ложкин Н.Д.* Автоматизация производства керамзита // Студенческий вестник. -2020. № 9-2 (107). С. 49-52.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНОБЕТОННЫХ БЛОКОВ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

Строительство является одной из главных отраслей экономики страны. Промышленность строительных материалов – это комплекс специализированных отраслей производства, изготавливающих большое количество разнообразной продукции. Но если по объёму производимой продукции она занимает одно из первых мест в экономике, то уровень её технической оснащённости отстаёт от многих других отраслей [1].

Основная цель в производстве строительных материалов заключается в производстве высококачественных материалов и изделий, готовых к использованию. Это относится как к традиционным сборным железобетонным элементам (таким как панели, плиты перекрытий и другие), так и к отделочным, кровельным и другим специализированным материалам. Применение подобных материалов позволяет свести работы на строительной площадке к простым монтажным операциям, что в сочетании с разнообразным электроинструментом и вспомогательными материалами значительно ускорит ход строительства [2,3].

Ещё одной проблемой, стоящей перед строителями считается снижение энергозатрат на отопление зданий. Это можно достигнуть только за счёт эффективной теплоизоляции зданий и тепловых сетей, так как удовлетворение новых нормативов СНиП по термическому сопротивлению ограждающих конструкций не считается возможным при применении традиционных материалов (силикатный кирпич, монолитный бетон и прочее). В связи с новыми требованиями, установленными СНиП II-3-79*, коэффициент термического сопротивления вырос в 2-2,5 раза.

Потенциально полезным является уменьшение веса строительных элементов путём применения ячеистых бетонов с низкой плотностью. За счёт снижения массы можно увеличить их габариты, т. е. повысить степень индустриализации строительного производства, а также существенно экономить такие основные строительные материалы, как цемент, металл, древесину, кирпич и др.

Применение ячеистых бетонов [4,5] даёт значительный экономический эффект, снижает массу изделий, толщину ограждающих конструкций. В связи с этим ячеистые бетоны за последние годы нашли широкое применение во всех развитых странах в гражданском, промышленном, гидротехническом строительстве, а также в строительстве инженерных сооружений. Так как ячеистые бетоны

отвечают всем требованиям потребителей: высокая прочность материала, простота технологии изготовления и небольшая стоимость изделий. Лучшим в группе лёгких ячеистых бетонов, как по теплоизоляционным свойствам, так и по другим показателям, является пенобетон. Он удобен и незаменим при строительстве и монтажа наружных стен, внутренних перегородок, ограждений конструкций.

Пенобетон - строительный материал, который производится из разновидности ячеистого бетона, его изготавливают из обычного цементного раствора, песка и воды с добавлением пенообразователя. Этот материал наряду с высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами имеет низкие коэффициенты усадки и водопоглощения, обладает высокой пожароустойчивостью и устойчивостью к переменному замораживанию и оттаиванию.

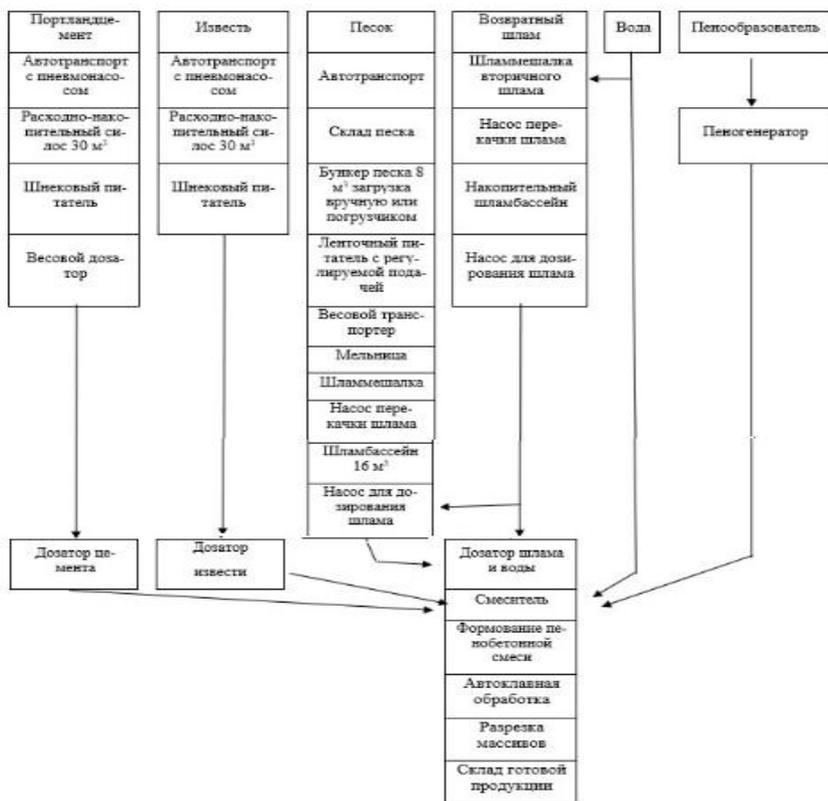


Рис. 1. Технологическая схема производства пенобетона

Производство пенобетонных блоков можно вести как по агрегатно-поточному, так и по конвейерному способам. По агрегатно-поточному

методу сначала готовят цементное тесто или цементно-песчаный раствор. Затем в него добавляют специально приготовленную пену из пеногенератора. Далее раствор в бетоносмесителе смешивают с пеной и получается пенобетонная смесь, которая при последующем твердении образует пенобетон.

В Арктических районах нашей страны короткий строительный сезон. Это обусловлено суровым климатом, продолжительной низкой температурой наружного воздуха, снеговыми заносами, сильными ветрами, вечномёрзлыми грунтами, а также отсутствием строительной базы и транспортных коммуникаций.

Исходя из всего вышеперечисленного пенобетон считается востребованным материалом в климатических условиях Арктики за счёт непосредственно своих теплоизоляционных свойств. Он обладает высокой способностью к сохранению температуры. Пенобетон огнеустойчив, обладает небольшим весом, экологичен, достаточно недорогой. Так же нельзя не отметить простоту и доступность его производства, что актуально при коротком строительном сезоне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гиниятова Ю.А., Пугин К.Г.* Современные строительные материалы и технологии, развитие нанотехнологий в производстве строительных материалов //Вестник науки. 2023. Т. 4. № 1 (58). С. 264-269.
2. *Местников А.Е.* Строительные материалы и изделия из глинистых грунтов для индивидуального строительства в Якутии. -1995. 108с.
3. *Рыжих В.Н., Тарасенко.* Ячеистые бетоны как основной стеновой материал в малоэтажном жилищном строительстве // В сборнике: Инновации в науке и практике. Сборник статей по материалам IV международной научно-практической конференции. В 4-х частях. -2017. С. 184-188.
4. *Панова В.Ф., Спиридонова И.В., Панов С.А.* Разработка эффективных стеновых материалов для условий Сибири на основе техногенных отходов // Научные исследования XXI века. - 2021. № 6 (14). С. 54-59.
5. *Бубырь М.Е., Панова В.Ф., Панов С.А.* Исследование эффективности создания стеновой конструкции жилого здания в условиях Сибири //В сборнике: Качество. Технологии. Инновации. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Новосибирск.-2021. С. 133-138.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВОЗКИ, СКЛАДИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СТРОЙИНДУСТРИИ (БЕТОННЫЕ ЗАВОДЫ, ЗАВОДЫ ЖБИ)

К насыпным грузам относятся песок, щебень и грунт. Большой объём их транспортировки в РФ осуществляется с помощью железнодорожного и автомобильного видов транспорта (около 80 %). И лишь остальные 20 % грузооборота приходятся на водный транспорт. Одна из основных причин его малой эффективности - сезонность, которая требует дополнительных экономических вложений в виде резервных помещений для хранения материалов в продолжении всего межнавигационного периода. Вторая причина столь низкой рентабельности - слабо развитая сеть водных маршрутов; что практически затрудняет доставку грузов в некоторые регионы страны, а иногда вообще исключает такую возможность. Именно поэтому железнодорожный транспорт занял лидирующую позицию в объёме грузоперевозок в нашей стране.

Погрузка материалов в насыпном состоянии осуществляется в открытые кузова автосамосвалов (при перевозке на небольшие дистанции) и железнодорожные полувагоны люкового типа (для дальних перевозок).

Так как заполнители не являются токсичными веществами и не подвержены влиянию атмосферных осадков, то на них не распространяются ограничения по транспортировке, а также отсутствует необходимость в согласовании маршрутов перевозок.

Приём и сдача мелкокусковых, сыпучих материалов осуществляется посредством взвешивание пустого и гружёного транспортного средства, при этом в каждом вагоне (кузове) к перевозке допускается только один вид продукции или грузы однородные по составу.

После погрузки заполнителя, естественно, возникает необходимость в его правильной транспортировке до места потребления. Существует ряд общих требований для обеспечения безопасности при перевозке грунта, щебня или песка. Вот некоторые из них:

- Не допускается образование насыпей продукции, превышающих по высоте уровень борта вагона (кузова).
- Для автомашин возникает необходимость в оснастке брезентовым пологом, предотвращающим рассыпание продукта в пути.
- Масса груза не может превышать грузоподъёмности автомобиля (вагона).

- Не допускается расположение заполнителя в кузове таким образом, при котором он мешает обзору водителя и(или) уменьшает манёвренность транспортного средства.

- На поставляемый продукт должна иметься нормативная документация в полном комплекте (паспорт качества производителя, транспортная накладная, карта с маршрутом и пр.).

Все эти (и не только) правила перевозки насыпных грузов подробно описаны в приказе Министерства транспорта Российской Федерации от 28 июня 2021 года № 212: «Об утверждении Правил перевозок грузов железнодорожным транспортом насыпью и навалом» [1].

Есть много видов складов заполнителей. Все они отличаются друг от друга по следующим признакам: по вместимости, по способам складирования и отгрузки, по формам штабелей и, наконец, по режиму работы завода. Например, для хранения щебёночных и песчано-гравийных смесей применяют в основном два типа складов (это связано с простотой их обустройства):

1) Конусный склад.

Такой тип складских помещений (или открытых площадок) характеризуется конвейерной подачей материала при помощи ленточных транспортёров или точечной отгрузкой одноковшовыми экскаваторами или погрузчиками. Применяется в основном на предприятиях малой мощности (до 600 тыс. куб. м в год), которые работают сезонно или круглогодично.

Порядок обустройства таких складов определён в документе ПОТ РМ-010-2000: «Межотраслевые правила по охране труда при производстве асбеста и асбестосодержащих материалов и изделий» [3]:

- Сыпучие материалы, хранящиеся навалом (насыпью) на открытых площадях должны иметь откосы с крутизной, соответствующей углу естественного откоса для данного материала.

- Открытые площадки для хранения сыпучих материалов должны быть ограждены со стороны автомобильных дорог и железнодорожных путей.

- Присутствие по периметру предупреждающих знаков (табличек) обязательно.

2) Штабельный эстакадно-траншейный склад.

При таком обустройстве складских помещений заполнитель подаётся с помощью системы ленточных конвейеров, расположенной на эстакаде, оборудованной самоходной опрокидывающейся тележкой. Отгрузка продукции осуществляется также ленточными транспортёрами, расположенными в траншее под штабелем.

Особые трудности при перевозке и хранении заполнителей возникают в зимний сезон. Это связано с воздействием отрицательных

температур на конечный продукт. Например, песок с влажностью 1-2 % смерзается до прочности 11 МПа, а щебеночная смесь мелких (до 40 мм) фракций влажности 2 % до 7-8 МПа. Именно поэтому применяются профилактические меры по предотвращению смерзания заполнителей и (или) возвращению их в сыпучее состояние («Правила перевозок железнодорожным транспортом смерзающихся грузов», утв. приказом МПС РФ от 5 апреля 1999 года № 20) [4]:

- Предварительное перелопачивание (перемешивание) материала с целью восстановления сыпучести и обеспечения комфортной его разгрузки. Может осуществляться как механическим, так и ручным способом.

- Обезвоживание до отправки – наиболее простой и надёжный способ.

- Добавки ПАВ и гидрофобных веществ, которые хоть и не предотвращают смерзания, но значительно понижают прочность и плотность смёрзшейся массы (например, хлористый натрий).

Несмотря на свою распространённость, данные методы профилактики смерзания инертных грузов являются не такими эффективными как этого следовало бы ожидать. Развитие новых и совершенствование старых методик – основная цель и задача в перспективе развития грузоперевозок сыпучих грузов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Высокопрочные лёгкие бетоны. - г. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2022. - 192 с.
2. Иноземцев А.С., Королев Е.В., Зыонг Т.К. Реологические особенности цементно-минеральных систем, пластифицированных поликарбоксилатным пластификатором // Региональная архитектура и строительство. 2019. № 3 (40). С. 24-34.
3. Ларсен О.А., Воронин В.В., Самченко С.В. Критерии оценки структурно-технологических характеристик бетона // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, No 2. – С. 129-143. (Larsen O.A., Voronin V.V., Samchenko S.V. Criteria for estimation the structural and technological characteristics of concrete // Technique and technology of silicates. – 2023. – Vol. 30, No. 2. – pp. 129-143.)
4. Ларсен О.А., Самченко С.В., Стенечкина К.С., Алпацкий Д.Г. Влияние тонкодисперсных материалов на самоуплотняемость бетонной смеси // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, No 3. – С. 217-229.

Студенты 3 курса бакалавриата 4 группы ИГЭС Бреева М.Д., Полякова П.Г., Гассанова А.С.

Научный руководитель – доц. каф. СМ, канд. техн. наук, доц. А.С. Иноземцев

МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ БЕТОНЫ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Применение легкого железобетона в мостовом строительстве является актуальным направлением в строительстве. Наличие богатых залежей нерудных ископаемых в РФ послужило развитию технологии легких железобетонов [1]. Впервые легкий железобетон в мостостроении был применен в 1938 г., когда рамные конструкции пешеходного путепровода над двумя железнодорожными путями изготавливались из бетона на пемзе. Однако, добыча природных ископаемых и получение легких заполнителей может быть экономически нецелесообразна из-за трудозатрат, возникающих при разработке карьеров, складировании и переработке материалов [2-4].

О применении легкого железобетона на искусственных заполнителях из топливных шлаков в мостах было известно с 1946 г. [1]. В настоящее время в производстве пористых заполнителей используются в том числе различные промышленные отходы [1, 2]. В настоящее время конструкционные легкие бетоны нашли широко применяются в большинстве стран мира [5-7]. В США, Германии, Польше и других странах Европы легкие бетоны применяют не только в строительстве высотных зданий и мостов, но и в изготовлении дорожных покрытий. За последние десятилетия в странах СНГ были построены больше 100 автодорожных мостов [2]. Имеющийся положительный отечественный опыт в применении легких железобетонов в дорожном строительстве и разработке конструкционных бетонов на различных легких заполнителях позволяет прогнозировать перспективы развития отрасли [7].

Целью настоящего исследования является оценка возможности получения легких бетонов с высокими эксплуатационными свойствами на заполнителе из гранулированного пеностекла, как альтернативы полым микросферам. В соответствии с методикой, описанной в [7, 9], были получены составы легкого бетона на гранулированном пеностекле. Заполнитель вводился в состав путем замещения фракционированного и молотого песка с сохранением начальных пропорций в количестве, необходимом для достижения требуемой плотности бетона.

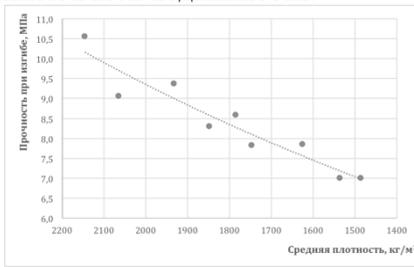
Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1

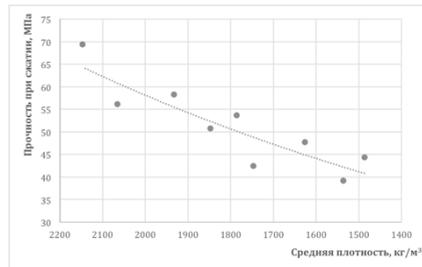
Зависимость подвижности бетонной смеси от содержания заполнителя

Показатель	Значение								
	Содержание заполнителя, %	8,56	13,2	17,9	22,5	27,2	31,9	36,5	41,2
Подвижность, D_p , мм	246	230	223	192	174	164	145	127	125

Из таблицы видно, что увеличение количества гранулированного пеностекла приводит к значительному уменьшению подвижности бетонной смеси. Диаметр расплыва изменяется почти в 2 раза с 246 мм до 125 мм. Это закономерно связано с увеличением доли более пористой и шероховатой поверхности, которую имеют гранулы пеностекла. В таком случае бетонной смеси не хватает воды для достижения аналогичной подвижности.

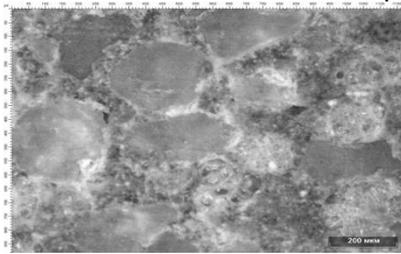


а

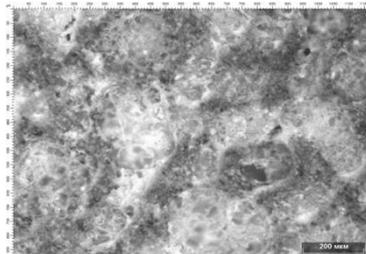


б

Рис. 1. Зависимость прочности при изгибе (а) и при сжатии (б) легкого бетона от средней плотности



а



б

Рис. 2. Микрофотография структуры легкого бетона средней плотностью 2000 кг/м³ (а) и 1500 кг/м³ (б)

На рис. 1 видно, что снижение средней плотности бетона за счет увеличения доли легкого заполнителя приводит к закономерному снижению прочности при изгибе и сжатии. При этом снижение достигает более 30 % по сравнению с составами с минимальным содержанием гранулята. Прочность при изгибе изменяется с 10,5 до 7,0 МПа, а прочность при сжатии с 70 до 40 МПа. Это объясняется как меньшей

плотностью, так и прочностью гранул по сравнению кварцевым песком. В результате в объеме материала с увеличением содержания гранул пеностекла увеличивается объем пор и пустот, которые являются искусственными дефектами структуры. На рис. 2 видны характерные отличия в объеме, занимаемом легким заполнителем, который формирует более пористый и менее прочный каркас в бетоне.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности получения легких бетонов на гранулированном пеностекле с высокими эксплуатационными свойствами при средней плотности до 1500 кг/м^3 и прочности до 40 МПа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Якубович М.А.* Автодорожные мосты из легкого железобетона. Москва: Научно-техническое издательство автотранспортной литературы, 1956. 67 с.

2. *Петров В.П.* Пористые заполнители и легкие бетоны. Материаловедение. Технология производства / Петров В.П., Макридин Н.И., Ярмаковский В.Н. Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2009. 436 с.

3. *Тхо Ву.Д., Лам Т.В., Король Е.А., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А.* Теплоизоляционные свойства эффективных легких бетонов для трехслойных ограждающих покрытий зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 5. С. 36-44.

4. *Пардаев О.Н., Саидова Н., Бердиярова М.* Легкие современные мосты в современном градостроительстве // Экономика и социум. 2021. №5 (84). С. 164-166.

5. *Макридин Н.И., Максимова И.Н.* Искусственные пористые заполнители и легкие бетоны: учеб. пособие. Пенза: ПГУАС, 2013. 324 с.

6. *Inozemtcev A. S.* Case Studies of High-strength Lightweight Concrete Using Expanded Siliceous Aggregate // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. С. 012017. DOI: 10.1088/1757-899X/840/1/012017. EDN: PSXHLX

7. *Иноземцев А.С., Королев Е.В.* Высокопрочный легкий бетон как инструмент для развития строительной отрасли // Бетон и железобетон. 2017. № 1 (16). С. 14-16. EDN: YMCJRP

8. *Иноземцев А.С.* Высокопрочные легкие бетоны / А.С. Иноземцев, Е.В. Королев. — Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2022. 192 с. ISBN 978-5-9227-1265-1. EDN: UCJRAZ

9. *Иноземцев А.С., Королев Е.В.* Высокопрочные легкие бетоны - конструкционный бетон нового поколения // Технологии бетонов. 2014. № 9 (98). С. 40-44. EDN: TBGAET

СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ КОСТРОБЕТОНА В МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЯХ

Костробетон, как строительный материал, был изобретен наукой еще в 1920-х годах в России и с тех пор привлекал внимание ученых и специалистов из различных областей. Сегодня, в связи с повышенным интересом к устойчивому строительству и экологически чистым материалам, исследования костробетона и изделий из него продолжают во многих странах [1, 2].

На планете до 30% общих годовых выбросов парниковых газов приходится на сектор строительства. В связи с ростом строительных мощностей ожидается, что в ближайшие 20 лет эти выбросы вырастут вдвое. В связи с этим растет интерес к строительным материалам на биологической основе, в том числе производству строительных материалов из конопли.

Костробетон – это лёгкий бетон, является разновидностью арболита; состоит из рубленной конопляной костры, побочных продуктов после обработки стебля, а также извести или цемента в качестве связующего элемента. Вяжущее на основе извести обычно состоит либо из гашеной извести, либо из природной гидравлической извести.

Для изготовления костробетона и подобных изделий используется промышленная конопля, практически не содержащая психоактивных веществ. В большинстве случаев используется фибра и опилки вида *Cannabis sativa* – однолетнего травянистого цветкового растения. Из конопли можно добыть два компонента: фибру, получаемую из наружного слоя стебля и опилки (костру), получаемые из ядра стебля. Их можно использовать как отдельно, так и в смеси [3].

Костробетон имеет низкую прочность на сжатие (1 МПа), поэтому чаще применяется в различных строительных элементах в качестве изоляции стен, крыш и стяжек. Он также является универсальным материалом, который

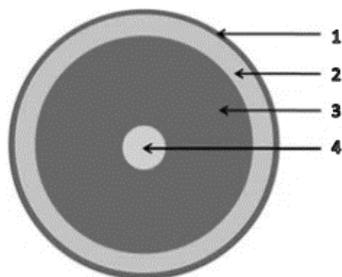


Рис. 1. Строение стебля конопли: 1 – кора, 2 – лубяные волокна, 3 – заболонь (ориг. Hurds или shives), 4 – центральная полость.

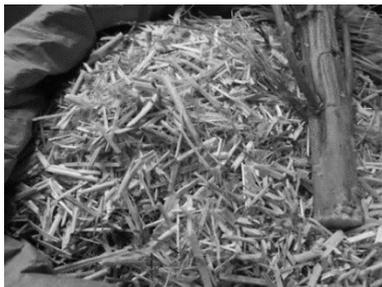


Рис. 2. Конопляная костра.

внутри опалубочных щитов вокруг деревянного каркаса. Смесь замешивается на месте, а затем материал утрамбовывается. Также возможно использовать костробетон в виде блоков, что ускоряет процесс строительства, например стен, сохраняя при этом тепло- и влагоизоляционные свойства материала [4].

Одно из главных преимуществ костробетона является его экологичность. Конопля активно поглощает углекислый газ из окружающей среды начиная с процесса роста и до конца срока своей службы, что делает ее углеродно-отрицательным материалом. По данным Совета по экологическому строительству США (USGBC), конопля обеспечивает ежегодное «сокращение» углерода CO_2 примерно на 8 тонн.

Бетон на основе конопляной костры обладает очень хорошими тепловыми свойствами. Теплопроводность костробетона обычно находится в диапазоне от 0,06 до 0,07 Вт/мК, что примерно в два раза меньше теплопроводности обычного бетона. Это означает, что он способен аккумулировать большое количество тепловой энергии, что помогает стабилизировать температуру внутри здания. Независимо от погоды, температура в зданиях из конопляного бетона остается неизменной. Зимой в доме из костробетона будет тепло, а летом прохладно [5].

Костробетонные блоки слабо горят, обладают лучшей огнестойкостью, чем традиционные деревянные дома. В зависимости от размеры и толщины блок из конопляного бетона не воспламеняется в течении двух часов. В таблице 1 представлены характеристики костробетонных блоков основных зарубежных производителей.

Таблица 1

можно использовать как в новом строительстве, так и при реконструкции. Широкое распространение такой тип бетона получил при возведении частных домов и коттеджей с деревянным каркасом.

Костробетон подходит для метода заливки на месте, при котором материал устанавливается



Рис. 3. Заполнение стен костробетоном.

Характеристики костробетонных блоков

Производитель	Schönthaler, Италия	ISOHEMP, Бельгия	CHANVRI BLOC, Франция	Hemp BLOCK International, Австралия
Размер, мм	80-300×500- 600×220	90- 360×600× 220	100- 300×600× 300	100- 300×600×300
Плотность, кг/м ³	320	340	350	320
Прочность при сжатии, МПа	0,3	>0,3	0,12	0,3
Теплопроводность, Вт/(м·°К)	0,07-0,08	0,07	0,065	0,07
Теплоемкость, Дж/(кг·°К)	1870	-	1700	-

Костробетон обладает также хорошей воздухопроницаемостью и способностью регулировать влажность. Это объясняется тем, что костра гигроскопична и при повышении влажности впитывает влагу из воздуха в стену. Однако, когда влажность падает, костра высвобождает ее обратно в воздух. Такое свойство может предотвратить рост плесени и поддерживать влажность на необходимом уровне, который препятствует размножению бактерий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларсен О.А., Воронин В.В., Самченко С.В. Критерии оценки структурно-технологических характеристик бетона // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, № 2. – С. 129-143.
2. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Высокопрочные лёгкие бетоны. - г. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2022. - 192 с.
3. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Сравнительный анализ влияния наномодифицирования и микродисперсного армирования на процесс и параметры разрушения высокопрочных легких бетонов // Строительные материалы. 2017. № 7. С. 11-15.
4. Samchenko, S.V.; Larsen, O.A.; Kozlova, I.V.; Alpackiy, D.G.; Alobaidi, D.A.N. Concrete Modification for Hot Weather Using Crushed Dolomite Stone. Buildings 2023,13,2462. <https://doi.org/10.3390/buildings13102462>
5. Ерофеев В.Т., Афонин В.В., Зоткина М.М., Стенечкина К.С., Тюряхина Т.П., Лазарев А.В. Анализ свойств полимерных композитов с различными типами наполнителей // Строительные материалы. 2024. №1-2. С. 100-109.

Студентка 4 курса 32 группы ИПГС Буранова М.С.

Научные руководители – зав. каф. СМ., д-р техн. наук, проф. Самченко С.В.

Научный руководитель – доц. каф. СМ, канд. техн. наук О.А. Ларсен

Научный руководитель – преп. каф. СМ Тоболев П. Д.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ

Производство малых архитектурных форм актуально, так как они создают эстетический вид и являются неотъемлемой частью благоустройства городского пространства. Проблемой таких изделий является большая масса и малая долговечность, а также низкое качество поверхности.

Сейчас в мире существует огромное количество материалов, которые можно использовать при изготовлении малых архитектурных форм. Например, металл, пластик, дерево, природный и искусственный камень. Из них изготавливают уличные кашпо, вазоны, урны, скульптуры и различные формы для декора зданий.

Раньше в архитектуре ценилась бетонная поверхность с отпечатками материала опалубки. С помощью вибрации не удавалось добиться идеального рисунка текстуры, но, благодаря уникальным свойствам самоуплотняющегося бетона, стало возможным получить подходящую поверхность для малых архитектурных форм, так как он хорошо повторяют текстуру опалубки.

Таким образом, цель нашей работы - изучить основные требования для разработки самоуплотняющегося бетона малых архитектурных форм.

Самоуплотняющийся бетон должен обладать высоким свойством текучести под собственным весом без расслоения и пониженным воздухововлечением. Этот тип бетона не нуждается в каком-либо уплотнении при укладке. Обычно используется в густоармированных и тонкостенных изделиях, а также при изготовлении сложных геометрических форм.

Отличительная черта самоуплотняющегося бетона заключается в повышенном содержании тонкодисперсной части и в применении водоредуцирующих добавок.

За счет добавления суперпластификаторов и водоудерживающих добавок самоуплотняющийся бетон позволяет получить более качественную, гладкую и ровную поверхность, в силу своих реологических свойств.^[4]

Введение в состав бетона активных минеральных добавок позволяет получить высокоподвижную смесь без расслоения. Добавление микрокремнезема способствует уменьшению расхода цемента, капиллярных пор, снижению В/Ц, получению более плотного бетона, увеличению прочности на сжатие, и долговечности, так как снижается водонепроницаемость и увеличивается коррозионная стойкость. [5]

Малые архитектурные формы в большинстве своем изделия тонкостенные, поэтому для повышения трещиностойкости материала, в состав вводится фибра и получается материал с повышенной вязкостью, прочностью на растяжение, а также с уменьшенной усадкой бетона. Волокна могут быть изготовлены из различных материалов: полимера, полипропилена, стекла и других, в зависимости от условий эксплуатации. Например, для того, чтобы стеклянная фибра не разрушалась, следует повысить pH среды с помощью введения в состав микрокремнезема до 10%.

Для обеспечения морозостойкости в цементном тесте необходимо создать искусственные воздушные поры за счет введения воздухововлекающей добавки. Как правило, расстояние между воздушными порами должно соответствовать 0,2 мм, а удельная поверхность не менее $24 \text{ мм}^2/\text{мм}^3$ [1-5].

При проектировании состава самоуплотняющегося бетона для малых архитектурных форм необходимо подобрать такой гранулометрический состав заполнителей с плотной упаковкой, который будет приближен к идеальным кривым просеивания Фуллера. Это позволит достичь высоких показателей прочности при минимальном расходе цемента и сохранения необходимой подвижности. Так как в составе отсутствует крупный заполнитель, максимальный размер мелкого заполнителя будет находится в пределе 10...5мм [6-9].

Таким образом, к основным требованиям для разработки состава самоуплотняющегося бетона для малых архитектурных относится использование пластифицирующих и минеральных добавок для снижения расхода вяжущего и тепловыделения, усадочных деформаций и обеспечения текучести. В качестве компонента, который снижает расслоение и усадку бетона, применяется дисперсное армирование - стеклофибра. Для создания прочности и для снижения расхода цемента используется заполнитель с оптимальным гранулометрическим составом, который образует плотную упаковку. Для возможности использования изделий в местах с пониженными температурами используется воздухововлекающая добавка.

Стоит учитывать, что стоимость компонентов для самоуплотняющегося бетона выше, чем для обычного, но его использование оправдано качественной поверхностью, которая не

требует дополнительной обработки, высоким темпом укладки, отсутствием затрат на оборудование для уплотнения, и отсутствием шума на строительной площадке и производстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ерофеев В.Т., Афонин В.В., Зоткина М.М., Стенечкина К.С., Тюряхина Т.П., Лазарев А.В. Анализ свойств полимерных композитов с различными типами наполнителей // Строительные материалы. 2024. №1-2. С. 100-109. DOI: <http://doi.org/10/31659/0585-430X-2024-821-1-2-100-109>.
2. Степина И.В., Жуков А.Д., Баженова С.И., Стенечкина К.С. Повышение термостабильности материалов на основе древесины // Жилищное строительство. - 2023. № 8. С. 64-69.
3. Inozemtsev A.S., Korolev E.V., Duong T.Q. Physical and mechanical properties of cement stone with superabsorbent polyacrylate solutions // Magazine of Civil Engineering. 2019. № 5 (89). С. 179-186.
4. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Деформации высокопрочных легких бетонов на полых микросферах и способ их снижения // Строительные материалы. 2015. № 9. С. 23-30.
5. Samchenko, S.V.; Larsen, O.A.; Kozlova, I.V.; Alpackiy, D.G.; Alobaidi, D.A.N. Concrete Modification for Hot Weather Using Crushed Dolomite Stone. Buildings 2023,13,2462. <https://doi.org/10.3390/buildings13102462>
6. V. K. Kozlova, Y. S. Sarkisov, 2 N. P. Gorlenko, 2 S. V. Samchenko, and O. A. Larsen. Physicochemical aspects of natural and forced carbonization of cement systems // Russian Physics Journal, Vol. 66, No. 4, August, 2023. DOI 10.1007/s11182-023-02958-5
7. Ларсен О.А., Воронин В.В., Самченко С.В. Критерии оценки структурно-технологических характеристик бетона // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, No 2. – С. 129-143. (Larsen O.A., Voronin V.V., Samchenko S.V. Criteria for estimation the structural and technological characteristics of concrete // Technique and technology of silicates. – 2023. – Vol. 30, No. 2. – pp. 129-143.)
8. Ларсен О.А., Самченко С.В., Стенечкина К.С., Алпацкий Д.Г. Влияние тонкодисперсных материалов на самоуплотняемость бетонной смеси // Техника и технология силикатов. – 2023. – Т. 30, No 3. – С. 217-229.
9. Иноземцев А. С. Современная теория и практика технологии бетонов для 3d-печати в строительстве // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. № 2. С. 216-245.

СЕКЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

*Студентка магистратуры 2 года обучения 21 группы ИПГС Али.Л.
Научный руководитель – доц. каф. ТОСП., канд. техн. наук, доц. Т.К.
Кузьмина*

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА В СИРИИ

Процесс строительства и управления проектами является важнейшим аспектом реализации любого проекта, и его успех во многом зависит от степени взаимодействия участников этого процесса.

Цель данной статьи - провести сравнительный анализ особенностей взаимодействия участников строительства на различных жизненных циклах проектов в России и Сирии, чтобы понять различия и сходства между двумя странами в этом контексте.

Особенности взаимодействия участников в процессах строительства и управления проектами представляют собой жизненно важные факторы, определяющие успех проекта. Их взаимоотношение включает в себя непрерывное общение, обмен информацией, совместное принятие решений и решение проблем, возникающих в ходе реализации проекта. Поэтому команды управления проектами должны уделять внимание улучшению характеристик взаимодействия участников в проект.

Одной из проблем, от которой сейчас страдает сирийский строительный сектор, является слабое развитие концепций участников проекта, что приводит к слабому взаимодействию между участниками строительного процесса, которое негативно влияет на достижение целей проекта, ослабляет эффективное управление проектом.

Исходя из этого, цель данной работы - выявить особенности взаимодействия участников в Сирии на различных этапах жизненного цикла проекта, провести сравнение между участниками проекта в Сирии и России. [1-6]

В ходе исследования, проведя ряд интервью и наблюдая за реализацией государственных проектов в Латакия в Сирии за последние четыре года, чтобы проанализировать особенности взаимодействия сторон проекта в Сирии сравнить их с концептами участников проекта в России[7].

Исследование показало, что жизненный цикл государственных проектов в Сирии проходит через следующие этапы, на которых стороны взаимодействуют в соответствии со следующим. И по Сравнение участников проекта в Сирии и России приводит к следующим результатам: (таб.1)

Таблица 1

Этап	Участники в сирии	Участники в сирии	Задача
Первый этап: инициации идеи проекта	Инвестор Застройщик	Инвестор	Определение идеи проекта Принятие решений о продолжении работы на основе результатов первоначального исследования Определение экономической целесообразности
	Технический заказчик / заказчик	Проектировщик	реализации проекта и масштаб и цели проекта Черчение планов и горизонтальных и вертикальных проекции проекта и определение архитектурных и конструктивных решений Разработка проектной документации, проведение инженерных изысканий и определение материалов, необходимых для реализации проекта
Второй этап: планирования и проектирования	Проектировщик	Проектировщик	
	Технический заказчик / заказчик	Проектировщик	
Третий этап: Вынесение проекта на тендер и выбор подрядчика.	Технический заказчик / заказчик	Проектировщик	

Четвертый этап: этап реализации	Подрядчик	Подрядчик	Выполнение работ в соответствии с проектной документацией Обеспечение правильности выполняемых работ и координации между участниками
	Технический заказчик / заказчик	. Супервайзер	
Этап завершения проекта	Подрядчик заказчик	Подрядчик Супервайзер	Приемка проекта от подрядчика

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гасанов, А.О., Бендик, М.М., Ковтуненко, М.Г.* инвестиции в строительство, инвестиционно-строительный проект, его участники, команда, схемы взаимодействия участников проекта. Электронный сетевой политематический журнал "научные труды кубгту" журнал.С 831-847,2020.
2. *Меламед, И.М.* Участники инвестиционно-строительного процесса и их функции. молодых ученых . С48-53,2020
3. *Медяник, Ю.В.* Совершенствование системы инжиниринга инвестиционно-строительной деятельности. Вопросы инновационной экономики. Приемка проекта от подрядчика журнал.С 501-514,2019
4. *Федоров, М. В.* Взаимоотношения участников инвестиционно-строительного проекта. журнал.С 42-47,2018.
5. *Olander., S* . Stakeholder impact analysis in construction project management. Construction Management Department .С 277-287,2019
6. *Newcombe, R.* From client to project stakeholders: a stakeholder mapping approach. Construction Management Department journal.С 841-848,2019.
7. *Amino, A. Ahmad, S.* Proposing a methodology to measure and develop BIM maturity in Syria. International Journal of BIM and Engineering Science. Vol. 05, No. 01, С. 73-89, 2022

*Студент магистратуры 2 года обучения 21 группы ИПГС Берник Н.А.
Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук, доц. Т.К.
Кузьмина*

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ НА ОБЪЕКТАХ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Одной из значимых тем для анализа в области проведения работ по обследованию объектов культурного наследия (ОКН), является разработка организационно-технологических решений, способствующих созданию конечного конкурентоспособного продукта инженерами-обследователями [1].

При отсутствии опыта взаимодействия подрядных организаций, предоставляющих обследовательские услуги, с органами охраны, такими как Департамент культурного наследия (ДКН), нередко появляются такие сложности, как: получение исходно-разрешительной документации, согласование отчетной документации и пр., что критически отражается на сроках проведения исследовательских работ.

При выполнении работ любого рода, будь то проектирование, строительство или обследование, на постоянной основе возникают производственные вопросы и задачи, которые также могут отражаться на сроках работ. Отдельной строкой в этом вопросе при проведении обследовательских работ стоит обследование ОКН. В большинстве случаев, для ОКН требуется проведение комплексного обследования, включающего в себя, как визуальное и инструментальное обследование, так и проведение лабораторных исследований. В силу этого появляется необходимость получения разрешения от ДКН на вскрытия, шурфы, отборы проб и образцов. Как уже было отмечено ранее, при отсутствии опыта взаимодействия подрядной организации с органами охраны часто возникают проблемы, которые существенно влияют на сроки выполнения работ. С целью уменьшения потенциальных рисков, на этапе заключения договора важной задачей является сбор достаточного количества исходных данных и условий, поскольку они напрямую влияют на проведение работ как по визуальному, так и по инструментальному и лабораторному контролю [2].

При анализе и компилировании перечня основных ОТР, обязательных к выполнению при проведении работ по визуальному обследованию объектов ОКН согласно [3,4,5], была разработана последовательная цепочка действий, при соблюдении которой может значительно повыситься скорость проведения работ и получения Заказчиком конечного результата (рис 1).

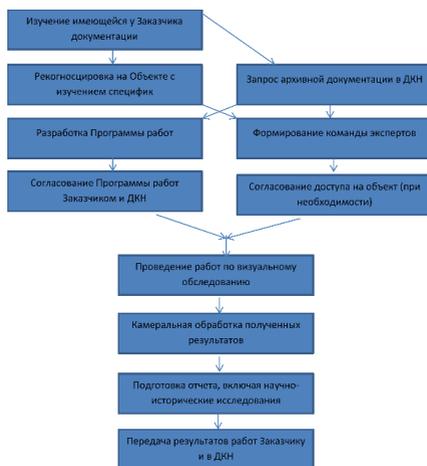


Рис.1. Пошаговое ОТР при визуальном обследовании
 Аналогично был сформирован комплекс ОТР, необходимых при инструментальном обследовании ОКН (рис. 2):

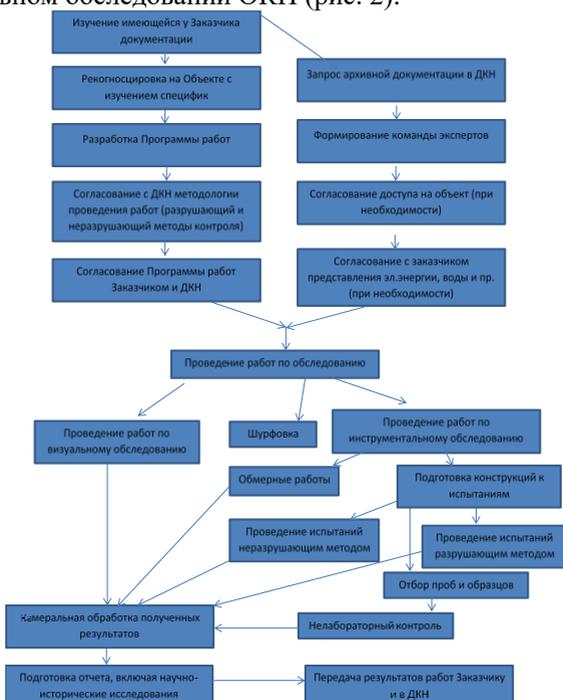
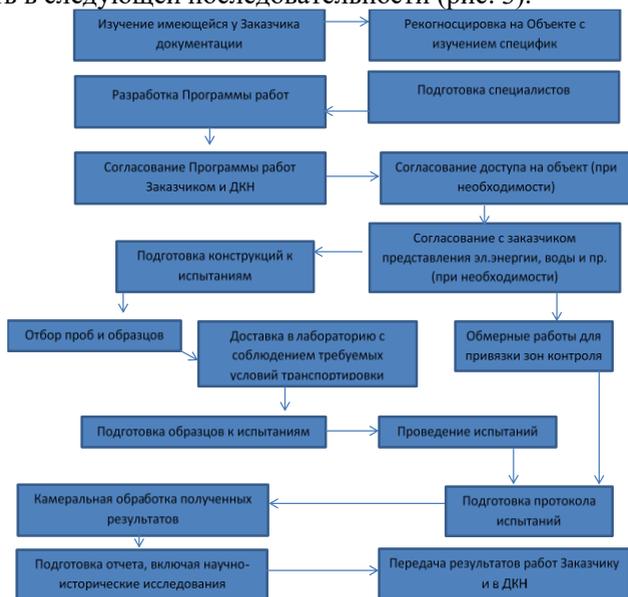


Рис.2. Пошаговое ОТР при инструментальном обследовании

Лабораторные исследования в большей мере выполняются в рамках проведения работ по комплексному обследованию технического состояния объекта. Но при этом, происходят ситуации, при которых Заказчику необходимо проведения исключительно лабораторных исследований. В данном случае, для подрядных организаций, представляющих данные услуги, алгоритм работ рекомендуется производить в следующей последовательности (рис. 3).



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гиля Л.В. Трофимов Г.П.* Обследование памятников архитектуры с использованием современных технологий трехмерного сканирования // Вестник ТГАСУ – 2022 №6. С.35-43.
2. *Литвинова О.Г.* Методика экспресс-обследования объектов культурного наследия // учебное пособие – 2019.
3. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
4. СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
5. ГОСТ Р 55567-2013 Порядок организации и ведения инженерно-технических исследований на объектах культурного наследия.

Студенты магистратуры 2 года обучения 22 группы ИПГС Борисов А.Н., Баскин И.М.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук Р.С. Фатуллаев

ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Строительная отрасль переживает цифровую трансформацию, и беспилотные летательные аппараты (БПЛА) играют в этом процессе все более важную роль. БПЛА предлагают ряд преимуществ, которые могут значительно повысить эффективность, безопасность и качество строительства.

Потенциальное применение беспилотных летательных аппаратов в строительстве огромно. Они могут повысить эффективность, улучшить безопасность, снизить затраты и улучшить качество. По мере развития технологий, БПЛА станут неотъемлемой частью строительного процесса. Они откроют новые возможности для инноваций и повышения уровня строительной отрасли

Инвестирования в исследования и разработки БПЛА для строительной отрасли имеют решающее значение для реализации полного потенциала этой технологии. Кроме того, необходимо разработать нормативные рамки и стандарты для безопасного и эффективного использования БПЛА на строительных площадках. При правильном внедрении, беспилотные летательные аппараты могут революционизировать строительную отрасль, тем самым повысив производительность, безопасность и качество [1-4].

Основные области применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в строительстве приведены в таблице 1 [1]:

Таблица 1

Область применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)

Область применения	Описание
<i>Мониторинг и инспекция строительной площадки</i>	Облет и осмотр зданий, мостов и других сооружений на предмет дефектов, повреждений и необходимости ремонта. Мониторинг хода строительства объекта.
<i>Картографирование и топографическая съемка</i>	Обновление существующих карт и планов местности. Создание высокоточных карт и 3D-моделей местности для планирования строительных площадок и проектирования.
<i>Планирование и проектирование</i>	Визуализация и моделирование строительных площадок для оптимизации дизайна и

	планирования; оценка воздействия на окружающую среду и планирование мер по смягчению последствий.
<i>Управление строительством</i>	Отслеживание хода строительства и выявление отклонений от графика; мониторинг безопасности рабочих и оборудования.
<i>Маркетинг и продажи</i>	Создание впечатляющих фото- и видеоматериалов строительных площадок и готовых проектов; проведение виртуальных туров и презентаций для потенциальных клиентов.
<i>Безопасность и охрана</i>	Патрулирование строительных площадок для обнаружения нарушений и обеспечения безопасности; мониторинг доступа и предотвращение несанкционированного входа.
<i>Инженерные изыскания</i>	Сбор данных о грунтах, геологических условиях и других факторах для проектирования фундаментов и конструкций; выявление потенциальных рисков и разработка мер по смягчению последствий.
<i>Доставка материалов</i>	Транспортировка небольших грузов, таких как инструменты, материалы и оборудование, на строительные площадки, особенно в труднодоступные районы.
<i>Инспекция и мониторинг</i>	Осмотр зданий, мостов и других конструкций на предмет повреждений, дефектов и необходимости ремонта; мониторинг хода строительства.

Примеры из реальной жизни, в которых были применения БПЛА при строительстве сооружений:

1. Мониторинг строительства небоскреба Бурдж-Халифа: БПЛА использовались для ежедневного мониторинга прогресса строительства самого высокого здания в мире.

2. Инспекция моста "Золотые ворота": БПЛА были оснащены камерами высокого разрешения для детального осмотра труднодоступных участков моста, выявляя повреждения и коррозию.

3. Обеспечение безопасности на строительной площадке электростанции "Хинкли-Пойнт С": БПЛА использовались для

патрулирования территории и выявления потенциальных угроз, повышая безопасность рабочих и посетителей.

4. Международный аэропорт Инчхон, Сеул: БПЛА использовались для создания точных карт и ортофотопланов аэропорта.

5. Школа в сельской Индии: БПЛА использовались для доставки образовательных материалов в отдаленную школу, повышая доступ к образованию;

6. Проект строительства небоскреба в Нью-Йорке: БПЛА с камерами высокого разрешения используются для ежедневного мониторинга хода строительства, предоставляя строителям и архитекторам обновленную информацию о прогрессе и выявляя любые потенциальные проблемы.

7. Проверка качества сварных швов на трубопроводе: БПЛА с камерами высокого разрешения используются для проверки качества сварных швов на трубопроводе, что помогает обеспечить соответствие стандартам и предотвратить утечки.

В заключении можно отметить, что потенциал применения беспилотных летательных аппаратов в сфере строительства огромен. Однако, необходимо учитывать, как позитивные, так и негативные аспекты их использования. Для успешной интеграции дронов в строительную отрасль необходимо разработать соответствующие регулятивные нормы и обеспечить обучение специалистов. Только при условии совместного усилия и тщательной подготовки можно достичь максимальной эффективности и безопасности применения беспилотных летательных аппаратов в строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Чукавин Д.П.* Потенциальное применение беспилотных летательных аппаратов в сфере строительства // Фотинские чтения – 2021.
2. *Абрамян С.Г., Бурлаченко А.О., Кумов А.В.*, Перспектива и опыт применения беспилотных летательных аппаратов в строительстве // 2020.
3. Дроны в строительстве: беспилотник экономит время и деньги [Электронный ресурс]. URL: <https://slysky.ru/blog/building-dron.html>.
4. *Кудасова А.С., Тютина А.Д., Сокольников Э.В.*, Применение беспилотных летательных аппаратов в строительстве. 2021. № 8.
5. *Иноземцев, Д. П.* Беспилотные летательные аппараты: Теория и практика // Технологии. – 2016. – 28 мая. – С. 5.

Студент 4 курса 12 группы ИПГС Волчков В.Н.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП., канд. эконом. наук, И.Н. Дорошин

ПРИМЕНЕНИЕ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ

Успешное развитие строительной отрасли требует освоения новых методов управления. Совершенствование управленческой деятельности в строительной отрасли происходит в направлении оптимизации финансовых, производственных, трудовых и других ресурсов, использования современных строительных материалов и внедрения инновационных технологий. Современные бережливые технологии сочетают в себе все аспекты, используемые во многих отраслях промышленности.

Бережливая технология признана одной из самых быстроразвивающихся технологий повышения конкурентоспособности компаний. Впервые эта технология была разработана в Toyota Motor Corporation в Японии и известна как Toyota Production System (TPS).

Бережливое производство фокусируется на эффективном использовании имеющихся ресурсов и устранении действий, которые потребляют ресурсы, но не добавляют ценности продукту. Такие действия называются потерями. Они сокращают жизненный цикл производства и снижают конечную стоимость продукта.

Всего в бережливом производстве выделяют семь видов потерь

1. Ненужное движение людей - движение, вызванное отсутствием или неточностью производственных стандартов, низким уровнем трудовой дисциплины и организации рабочего места.
2. Ненужный транспорт - перемещение материалов, продуктов и компонентов.
3. Перепроизводство - производство большего количества продукции, чем требуется.
4. Ожидание - простои и человеческая бездеятельность.
5. Избыточные запасы - замороженные средства, хранящиеся в качестве оборотного капитала организации.
6. Дефекты и переделки - производство продукции, которая не соответствует требованиям заказчика. Это приводит к необходимости исправления работы, продукции или услуг.
7. Избыточная обработка - придание продукту характеристик или качеств, которые не требуются заказчику [1].

Одним из наиболее эффективных методов решения проблем является метод "Одна за одной". Это пошаговый подход к решению

производственных проблем; выявляется суть проблемы и принимаются эффективные меры по ее решению и устранению возможности ее возникновения в будущем.

Первым шагом в методе «Одна за одной» является определение проблемы. Для этого используются инструменты «Матрица 4М» и «5W+1H».

Согласно инструменту «Матрица 4М», все потенциальные причины проблем и потерь делятся на четыре группы: люди, оборудование, материалы и методы. Проанализировав эти причины, можно точно сформулировать проблему.

Инструмент «5W+1H» помогает детализировать проблему. При формулировании причин необходимо ответить на следующие вопросы: «кто», «что», «где», «когда», «сколько» и «как часто».

Следующий шаг - поиск первопричины проблемы. Для этого используются такие инструменты, как: «Диаграмма Исикавы» и «5 Почему?».

Диаграмма Исикавы представляет собой систематический подход к выявлению первопричин проблемы. Проблемы делятся на несколько групп и записываются под каждой группой. Визуально она похожа на скелет рыбы.

Инструмент «5 Почему?» используется для поиска коренных причин возникающих проблем. Идея заключается в том, чтобы пять раз задать вопрос «почему», чтобы найти первопричину проблемы. Количество вопросов не обязательно должно быть пять, главное - найти первопричину проблемы.

Третий шаг - выбор метода решения проблемы. Для этого необходимо предложить корректирующие меры и определить наиболее эффективные и наименее затратные из них. Важными шагами в реализации являются взаимопонимание с ответственными лицами и разработка графика выполнения мероприятий.

Следующий шаг - реализация корректирующих мер. Для этого необходимо реализовывать принятые корректирующие меры в соответствии с утвержденным графиком и время от времени контролировать их состояние совместно с ответственной стороной.

Пятый этап - управление результатами. Необходимо проанализировать, как реализованные меры повлияли на дальнейшее возникновение проблем и как их можно предотвратить в будущем.

Последний шаг - создание или изменение стандарта. В итоге, для решения проблемы необходимо создать новый стандарт или модифицировать существующий [3, 5].

Еще одним важным инструментом, который может значительно сократить количество возникающих проблем при применении на

строительных площадках, является «система 5S». Эта система состоит из пяти шагов:

1. Отделите важное от ненужного и уберите ненужное с рабочего места.
2. Храните предметы первой необходимости в четко определенных местах.
3. Поддерживайте чистоту на рабочем месте. Необходимо разработать специальную программу уборки, предоставить сотрудникам оборудование и следить за ее выполнением.
4. Разработайте или измените стандарты для систематического поддержания организации, порядка и чистоты.
5. Постоянное совершенствование существующих стандартов. Каждый сотрудник должен иметь возможность вносить предложения по улучшению [2,4].

Применение инструментов бережливого производства может значительно оптимизировать процессы не только на строительной площадке, но и на заводе. Улучшенные процессы позволяют снизить затраты, повысить качество и устранить лишние движения.

Благодаря инструментам можно проанализировать все процессы, происходящие на строительной площадке, и изменить последовательность работ, используемое оборудование и материалы, чтобы повысить эффективность работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ф.А. Семёнычев*. Бережливое производство для руководителей. - 1-е изд. - Ливны: Web-Kniga, 2014. - 65 с.
2. *Ф.А. Семёнычев*. 5S. Организация рабочих мест. - 1-е изд. - Екатеринбург: Ridero, 2021. - 196 с.
3. Пособие для самостоятельного изучения: Производственная система Росатома. Базовый курс. - 1-е изд. - Москва: 21 с.
4. Кузьмин А. М. Пять почему / Методы менеджмента качества. – 2008. – № 3. – 15–16.
5. Кузьмин, А. М. Диаграмма Исикавы / Методы менеджмента качества. – 2006. – № 3. – С. 27.

*Студент магистратуры 1 года обучения 23 группы ИПГС Гарибян К.В.
Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук
Т.К. Кузьмина*

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ ПО КАМПУСАМ МИРОВОГО УРОВНЯ

Тема «Особенности реализации проектов по кампусам мирового уровня» является актуальной и важной в современном мире, особенно в контексте быстрого развития образования, технологий и международных связей. Кампусы мирового уровня представляют собой уникальные образовательные учреждения, объединяющие студентов, преподавателей и исследователей со всего мира [1,2].

Также следует отметить, что кампусы мирового уровня обладают современной инфраструктурой и технологическими возможностями, что открывает новые перспективы для проведения инновационных проектов и исследований. Поэтому изучение особенностей и опыта реализации проектов на таких кампусах представляется важным для развития образования и науки в мире [3].

К строительству кампусов есть определенные требования, которые утверждены Министерством науки и высшего образования РФ и прописаны в Стандарте инновационной образовательной среды (кампусов).

Строительство кампуса мирового уровня отличается от строительства обычных кампусов такими требованиями как:

1. Функционал кампуса;
2. Информационная открытость кампуса;
3. Организационная модель (структура) управления Проектом;
4. Социально-экономические эффекты деятельности кампусов (аналитические показатели);
5. Общие требования к сервисам кампуса;
6. Требования к общежитиям и (или) гостиницам;
7. Требования к учебно-лабораторному комплексу;
8. Требования к объектам инфраструктуры технопарков кампуса;
9. Требования к физкультурно-оздоровительному корпусу;
10. Требования к многофункциональному комплексу;
11. Требования к экосистеме технологического предпринимательства в кампусе.

Существует ряд факторов, которые приводят к сдвигу сроков выполнения работ, самые распространенные из них [4]:

1. Погодные условия;
2. Проблемы с поставкой материалов;
3. Вовремя неполученные положительные заключения ГГЭ;
4. Проблемы с финансированием;

5. Незаклученный контракт на разработку проектной документации и выполнение инженерных изысканий;
6. Нехватка трудовых и материальных ресурсов;
7. Несогласие регионов со Стандартом кампусов;
8. Передача земельного участка региону.

В таблице 1 приведен анализ городов и факторов, которые возникают при процессе строительства [5].

Таблица 1

Анализ факторов, возникающих при процессе строительства

	Екатеринбург	Калининград	Нижний Новгород	Южно-Сахалинск	Хабаровск	Уфа	Самара	Томск	Архангельск
Погодные условия				+	+				
Проблемы с поставкой материалов		+			+				
Вовремя неполученные положительные заключения ГЭЭ			+		+	+			
Проблемы с финансированием	+								+
Незаклученный контракт на разработку проектной документации и выполнение инженерных изысканий							+	+	
Нехватка трудовых и материальных ресурсов			+					+	

Несогласие регионов со Стандартом кампусов			+			+		+	
Передача земельного участка региону					+				

Наиболее сложным в решении является отклонение от Стандарта кампусов. При этом для кампусов первой очереди отбора и кампусов, решения о финансировании которых принимались вне рамок отбора до 31 декабря 2022 г. допускается согласованное с Минобрнауки России отклонение от Стандарта, если оно продиктовано параметрами проекта создания кампуса, зафиксированными до утверждения настоящего Стандарта.

Реализация проектов по кампусам мирового уровня - это сложный, но важный процесс, требующий глубоких знаний, опыта и умений управления. Правильное планирование, организация и контроль позволят успешно достичь целей проекта и предоставить студентам и преподавателям современные и качественные условия обучения и жизни.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление Правительства РФ от 28.07.2021 №1268 (ред. От 26.07.2023 №1213) «О реализации проекта по созданию инновационной образовательной среды (кампусов) с применением механизма концессионных соглашений в рамках федерального проекта «Создание сети современных кампусов» национального проекта «Наука и университеты».

2. *Латидус А.А., Демидов Л.П.* Исследование факторов, влияющих на показатель потенциала строительной площадки // Вестник МГСУ – 2014. №4. С. 160-166.

3. *Кузьмина Т.К., Большакова П.В.* Выявление и систематизация факторов при подготовке объектов к строительству техническим заказчиком (застройщиком) // Строительное производство – 2020. №4. С. 38-43.

4. *Кузьмина Т.К., Самарин П.И., Шаманаева Л.К., Ледовских Л.И.* Выявление факторов, влияющих проведение строительного контроля на этапе отделочных работ, методом экспертной оценки // Инженерный вестник Дона – 2023. №8 (104). С. 262-271.

5. *Олейник П.П., Шатрова А.И.* Инновационные методы организации строительства // Технология и организация строительного производства – 2016. №1. С. 18-20.

*Студент магистратуры 1 года обучения 23 группы ИПГС Грачёва Д.А.
Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук, доц. А.Н.
Макаров*

НОРМИРОВАНИЕ ТРУДА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ В МНОГОЭТАЖНОМ ЖИЛОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Нормирование труда инженерно-технических работников строительного контроля в многоэтажном жилом строительстве остается актуальной темой в современных условиях. Так как строительство многоквартирных домов требует строгого контроля со стороны специалистов, чтобы обеспечить качество строительных работ и безопасность жилых помещений.

Одной из основных задач нормирования труда инженерно-технических работников строительного контроля является определение оптимального состава и квалификации персонала для выполнения конкретного строительного проекта. Оно включает в себя определение необходимого числа инженеров и технических специалистов, а также их уровень подготовки и квалификации.

Кроме того, нормирование труда включает определение стандартных временных рамок для выполнения различных видов работ, таких как проверка качества строительных материалов, контроль за соблюдением строительных норм и правил, анализ технической документации и другие задачи, связанные со строительным контролем.

В настоящее время нормирование труда инженерно-технических работников осуществляется с помощью постановления от 21 июня 2010 года № 468 «О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства» [1,6], которое уже устарело, так как согласно данному документу заказчику предлагается нормировать количество работников и расходы на осуществление строительного контроля исходя из стоимости объекта, что не учитывает следующие факторы:

- продолжительность строительства;
- сменность строительства;
- специфика объекта;
- сложность проекта;
- технологии возведения;
- метод строительства;
- требования к качеству работ;
- природные условия.

Для решения данного вопроса предлагается рассмотреть нормирование труда инженерно-технического работника на основе фотографии рабочего дня с целью улучшения эффективности трудового процесса и оптимизации рабочего времени. Для этого необходимо применить следующие мероприятия:

1. Создание стандартов работы: необходимо определить задачи и обязанности инженерно-технического работника строительного контроля. Разбить их на этапы и определить необходимое время для выполнения каждого этапа

2. Фиксация образца: провести наблюдение и фотографирование рабочего дня нескольких работников при выполнении различных задач и получить наглядный пример рабочего времени [2,3,5].

КАРТА
самофотографии рабочего дня

Исполнитель _____
(фамилия, имя, отчество)

Должность, структурное подразделение _____
Дата начала и окончания наблюдения _____

№ п/п	Наименование работ	Объект/ тип дома/ проезд	Оси/ пикеты	Объем принятых работ	Затраты времени		Примечания
					текущее	Продолжительность, мин	
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Рис. 1. Шаблон карты самофотографии рабочего дня

3. Анализ фотографии: изучить полученные фотографии, выделить этапы работы и определить время, затраченное на каждый этап.

КАРТА
самофотографии рабочего дня

Исполнитель _____
Иванов Иван Иванович
(фамилия, имя, отчество)

Должность, структурное подразделение _____
И инженер строительного контроля
Дата начала и окончания наблюдения _____
15.02.2024 8:00-17:00

№ п/п	Наименование работ	Объект/ тип дома/ проезд	Оси/ пикеты	Объем принятых работ	Затраты времени		Примечания
					текущее	Продолжительность, мин	
1	Прием армирования ростверков и выпусков	4бс	А-П/1-12		8:00	45	Принято частично
2	Прием армирования ростверков и выпусков	3с	Ас-Пс/1-12		9:00	50	Принято
3	Прием подготовительного слоя под керамзи тобетон на кровле	4А-С	Аа-Па/1-12		11:00	25	Принято
4	Прием исполнительной документации	3с	Ас-Пс/1-12		13:00	38	
5	Визирование КС-2				14:00	23	
6							

Рис. 2 Пример заполнения карты самофотографии рабочего дня

4. Оценка процесса: оценить эффективность и продуктивность работы инженерно-технических работников по результатам наблюдений.

5. Установление нормативов: на основе анализа фотографий и времени, затраченного на каждый этап работы, установить новые нормативы труда для инженерно-технических работников строительного контроля. Важно учесть особенность каждой задачи.

6. Внедрение изменений: предложить нормативы труда инженерно-техническим работникам строительного контроля и обучить их новым стандартам работы. Следить за выполнением новых нормативов, оценивать результаты и при необходимости вносить изменения [4,7].

Нормирование труда инженерно-технических работников строительного контроля в многоэтажном жилом строительстве является важным инструментом для обеспечения качества и безопасности строительных проектов. Оно позволяет определить оптимальный состав и квалификацию персонала, а также стандартные временные рамки для выполнения различных видов работ. Это, в свою очередь, способствует эффективному использованию трудовых ресурсов, повышению качества и безопасности работ и улучшению планирования и управления проектами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Постановление правительства РФ от 21 июня 2010 года № 468. О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства – 2010. 4 с.
2. «Планово-экономический отдел» №8. Фотография рабочего дня – инструмент анализа и оптимизации – 2016. 16 с.
3. Можарова Т. Что такое фотография рабочего дня – 2023. 47 с.
4. *Липидус А.А., Макаров А.Н.* Применение риск-ориентированного подхода при выполнении функций строительного контроля техническим заказчиком // Вестник МГСУ – 2022. Т. 17, № 2. С. 232-241.
5. ГОСТ Р 12.0.010-2009 «Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков».
6. ГОСТ Р 27.302-2009 «Надежность в технике (ССНТ). Анализ дерева неисправностей».
7. ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска».

ОПТИМИЗАЦИЯ КАЛЕНДАРНЫХ ПЛАНОВ. МЕТОД КРИТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Реализация любого проекта сводится к достижению желаемого результата, однако это зависит не только от правильно поставленной цели, но и от ряда других факторов. Частой проблемой современных проектов является несоблюдение сроков и превышение бюджета. Приблизительно треть проектов останавливается на половине, а это означает, что, помимо финансов и времени, впустую были потрачены и силы. Попытки разрешить возникшие проблемы приводят к возникновению новых, реализация проекта затягивается, затраты на него увеличиваются, а изменения в первоначальном содержании работ могут только усугубить ситуацию. Все сводится к необходимости выявления факторов, которые влияют на успешность проекта.

Календарный план является неотъемлемой частью строительного проекта. С его помощью контролируются действия участников строительного процесса и затраченное время на выполнение различных задач. Продолжительность, рассчитанная в календарном плане, берется за основу для более детальной обработки данных, например, в недельных и суточных графиках и сменных заданиях. Одним из наиболее распространенных способов разработки графика является метод критического пути. Он определяет даты начала и окончания проекта, а также представляет собой самую длинную последовательность взаимосвязанных работ, которые необходимо выполнить вовремя для окончания проекта в заданный срок.

Для сокращения сроков строительства производится оптимизация календарных планов. Существуют различные методики для выполнения данной задачи. К ним относятся:

1. Использование программных комплексов. Для построения календарного плана зачастую используют программный пакет Microsoft Project, в котором можно оптимизировать построенную модель, регулировать стоимость проекта и распределение ресурсов, сжимать график и многое другое, в зависимости от нюансов.

2. BIM-моделирование. Данная технология стала одной из ведущих в строительстве в наше время. С ее помощью стало возможным создание 4D BIM-модели объекта строительства. Отличительной чертой данного способа является то, что здание целиком рассматривается как единое целое и, соответственно, изменение того или иного параметра влечет за

собой изменение других связанных параметров, в том числе и календарного плана.

3. Использование различных алгоритмов. В одном из существующих алгоритмов количество трудовых ресурсов по всем объектам производственной программы в конкретном сечении ресурсного графика должно быть минимальным [1,2,6].

Также существует новый метод, который не относится к вышеперечисленным по оптимизации напрямую, а является отдельным способом разработки календарного плана, позволяющий сократить продолжительность проекта – это метод критической цепи. У него есть отличие от упомянутого ранее метода критического пути, выражающееся в том, что, в новом подходе к управлению проектом, неопределенность выносится в конец проекта отдельно, в отличие от традиционного подхода, в котором она является частью каждой задачи. Результат обеих методик будет одинаковым только при отсутствии ограничений по ресурсам[5].

Суть метода критической цепи заключается в укорочении продолжительности выполнения задач на 50%, за основу берется предыдущий негативный опыт, длительность которого сокращается. Соблюдение сроков обеспечивается двумя видами буферов: проектным буфером, размещенным в конце проекта и позволяющим компенсировать опоздания на цепи, и буфером на слияние путей, который добавляется в месте впадения не критической цепи в критическую и обеспечивающий своевременное начало работ на этапе в составе критической цепи в случае возникновения сбоя на не критическом элементе. Буферы используют для решения непредвиденных обстоятельств в процессе выполнения работ, они поглощают коэффициент неопределенности каждой задачи, а также позволяют не уделять особого внимания дате начала и окончания отдельных работ. Важно следить за активностью расходования и состояния буферов [3,4,7].

Для применения метода критической цепи необходимо:

1. Определить объем работ и составить последовательность задач, которые необходимо выполнить по проектному заданию.

2. Назначить требуемые ресурсы и выполнить их выравнивание.

3. Определить продолжительность каждой задачи и часть длительности перенести в буфер, как правило, это 50% от исходного значения.

4. Изменить подход к выполнению работы для эффективного применения нового подхода: не концентрировать внимание на завершении конкретной работы в определенный срок; исполнителям

должны предоставить условия, при которых они будут концентрировать внимание на одной определенной задаче; четко следовать плану проекта и следить за отчетами по буферам.

Метод критической цепи, при правильном его применении, имеет ряд преимуществ:

а) разработанные проекты соответствуют всем поставленным задач, завершаются вовремя и не превышают установленный бюджет;

б) время на реализацию проекта сокращается как минимум в два раза, также снижается количество вносимых изменений, окупаемость происходит быстрее;

в) упрощается управление проектом, так как менеджер знает, на чем необходимо сосредоточить усилия.

Подводя итоги, можно отметить, что существуют различные методики для оптимизации календарных планов, позволяющие выявить все неопределенности, влияющие на продолжительность строительных проектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлова Е.В. Определение продолжительности возведения зданий и сооружений в условиях неопределенности // Строительное производство. 2020. № 1. С. 12-16.
2. Голдратт Э.М. Критическая цепь: пер. с англ. Е. Федурко. – Минск: Попурри, 2013. – 240 с.
3. Лич Л. Вовремя и в рамках бюджета: Управление проектами по методу критической цепи: пер. с англ. У. Саламатова; 2-е изд. – М.: АЛЬПИНА ПАБЛИШЕР, 2014. – 352 с.
4. Голдратт Э.М., Кокс Д. Цель: Процесс непрерывного совершенствования: пер. с англ. Е.Федурко. – Минск: Попурри, 2014. – 400 с.
5. Детмер У. Теория ограничений Голдратта: Системный подход к непрерывному совершенствованию: пер. с англ. У. Саламатова; 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 444 с.
6. Михайлова Е.В. Регулирование интенсивности освоения капитальных вложений в строительстве // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1 (52). С. 122.
7. Михайлова Е.В., Савина В.В., Савин И.М. Искусственный интеллект как инструмент оптимизации ресурсных графиков // Строительное производство. 2022. № 2. С. 52-56.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ РИСКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КРОВЕЛЬ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ И СПОСОБЫ ИХ МИНИМИЗАЦИИ

Тема строительных рисков актуальна и обусловлена значимостью качества и безопасности многоэтажного строительства жилых домов. Кровля – важная часть здания, которая подвержена различным рискам, оказывающим влияние на такие критерии, как долговечность, надежность и безопасность объекта. Риски, возникающие при устройстве кровель, могут включать в себя плохое качество материалов, нарушения технологических процессов, неверный выбор монтажного оборудования, ошибки в ходе эксплуатации, а также внешние факторы окружающей среды. Минимизация и контроль этих рисков является главной задачей, поскольку она влияет на качество и надежность жилых домов напрямую. [2]

Анализ влияния рисков, их идентификация и квантификация возможны путем применения ранее изученных практик и методов, например, риск-ориентированного подхода [1], который способствует определению факторов, ведущих за собой отклонения от тех результатов, что были изначально запланированы, или, например, дерева отказа (решений), которое способствует выявлению, идентификации и анализу рисков, иначе его называют иерархическим методом.

В данной классификации рисков применено дерево отказа, с помощью него определены ключевые дефекты и их «корни», ведущие к причинам и критериям факторов рисков. Ниже представлен рисунок одной из веток дерева отказа, ведущей к наиболее опасному дефекту, который чаще всего приводит к гарантированной протечке – расслоение швов полотен кровли (Рис.1). Встречается на кровлях как с наружным, так и с внутренним водоотводом. Чаще всего возникает в результате недостаточно прочного соединения рулонного ковра с основанием, связано с нарушением технологических рекомендаций. Последствия данного дефекта однозначны и ведут к протечке и намоканию нижележащих слоев кровельного пирога.



Рис. 1. Ветвь дерева отказа наиболее опасного дефекта.

Рассмотрим более подробно данную ветвь дерева отказа. Построив иерархическую схему, возможно наблюдение ярко выраженных факторов рисков и вытекающих из них причин возникновения дефекта. Прежде всего все источники повреждения напрямую влияют на надежность, герметичность и долговечность кровли. Таким образом выделены ключевые ветви: несоблюдение мер безопасности выполнения кровельных работ – транспортировка материалов на выполненных участках кровли, чистка кровель от засорений и снега металлическими инструментами, перемещение людей не по строго отведенным местам; нарушение технологии выполнения кровельных работ – недостаточный прогрев материала в области швов, неполная обработка мастикой в зоне основания и его подготовка. Данные причины и ведут к отрыву и расслоению кровельного ковра, а значит, как результат, возникают протечки в месте отсутствия материала и образуются возможные намокания потолков в помещениях нижерасположенного этажа.

Рассчитать вероятность позволяет статистический метод: проведение опроса строительных экспертов, - который учитывает большое количество дефектов и их вероятность обнаружения, включает задачу сопоставления причин с факторами риска и повреждений/нарушений. Основная задача такого подхода – получение итогового списка рисков, который определяет их степень критичности, принадлежность к типу, а также частоту возникновения.

Полученная выгрузка данных, состоящая из вероятности ущерба, степени ущерба от дефекта, факторов и возможных сценариев отказов, дает четкое ранжирование повреждений на ветви дерева со значениями для расчета оценки риска ущерба от дефекта, согласно формуле (1), представленной в работе Лапидуса А.А. и Макарова А.Н. [1,4-5].

$$R(D) = \sum_i P(U | D_i) U(D_i), \quad (1)$$

где $R(D)$ – оценка риска, $P(U | Di)$ – вероятность ущерба при возникновении дефекта; $U(Di)$ – ущерб в результате возникновения дефекта.

Благодаря рассчитанной оценке риска ущерба в результате появления дефекта можно определить, какая причина, вызвавшая повреждение/нарушение, является наиболее приоритетной для мониторинга и контроля. Данные мероприятия необходимы при приемке выполненных работ представителем Технического Заказчика и при проведении строительных работ генподрядной организацией. В приведенном примере основным способом предотвращения дефекта или его минимизации на стадии строительства является привлечение высококвалифицированных рабочих к проведению кровельных работ, а также внутренний строительный контроль в части подготовки основания согласно технологической карте, составленной и выданной для ознакомления до выполнения работ, и внешнего контроля – Технического надзора или представителей других инспекций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Подведя итоги, можно прийти к выводу, что данная методика позволяет заблаговременно предотвратить и минимизировать появление дефектов кровли, которые приводят к немалому ущербу. Данная систематизация и анализ потенциально возможных рисков является важной частью в разработке мероприятий по их устранению и контролю.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лapidус А.А., Макаров А.Н. Применение риск-ориентированного подхода при выполнении функций строительного контроля техническим заказчиком. Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17, № 2. – с.232-241.
2. Шлопаков А.В. Факторы риска в строительных организациях России. Научный аспект. № 1. – 2013. – с. 160-167.
3. Богачев С.Н., Школьников А.А., Розентул Р.Э., Климова Н.А. Строительные риски и возможности их минимизации. Academia. Архитектура и строительство. № 1. – 2015. – с. 88-92.
4. Лapidус А.А. Чанидзе О.Д. Факторы и источники риска в жилищном строительстве // Строительное производство. 2020. №3.С.2-9.
5. Назарова, К. А., Лapidус А.А. Особенности формирования факторов технических рисков, возникающих при строительстве многоэтажных зданий // Вестник евразийской науки. 2021. Т. 13. № 3. С. 11 -22.

*Студент магистратуры 1 года обучения 22 группы ИПГС Краснов Д.А.
Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук Т.К.
Кузьмина*

ЗНАЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ В КРУПНОБЛОЧНЫХ ЗДАНИЯХ

Строительный контроль – это комплекс мероприятий на строительной площадке, направленных на проверку выполнения строительных норм и соответствия проекту. Он гарантирует правильное выполнение строительных процессов, соответствие проекту и законодательству, а также обеспечивает безопасность и качество строительства.

Контроль за строительством играет важную роль в обеспечении надежности и долговечности строительных конструкций, предотвращении возможных проблем и дефектов, соблюдении стандартов и норм, а также контроле за сроками и расходами на строительство.

В России крупноблочное строительство начало активно развиваться в 1960-1970-х годах. В то время для строительства использовались крупногабаритные железобетонные блоки, характеризующиеся высокой прочностью и легкостью сборки.

Крупноблочное здание – это сооружение, где как внутренние, так и внешние стены выполнены в виде крупных блоков, плит перекрытий и обвязочных поясов на уровне перекрытий и мест соединения крупных блоков и стеновых плит. В данном случае обвязочные пояса внутренних стен выполнены в форме монолитных элементов, а для внешних стен использована сборно-монолитная конструкция. Сборные элементы обвязочного пояса, а также плиты перекрытия, прилегающие к монолитным участкам обвязочного пояса, служат опорой для стеновых блоков верхних этажей. Монолитные участки обвязочного пояса и вертикальные и горизонтальные каналы в стенах и перекрытиях соединены сборными элементами стен и перекрытий через арматурные связевые стержни, что позволяет объединить все элементы здания в единую конструкцию.

Преимущества больших блочных зданий включают возможность быстрой сборки и экономии на трудовых и материальных ресурсах. Например, строительство из крупных блоков требует меньше трудозатрат, чем из мелких элементов, и позволяет использовать автоматизацию и механизацию. Можно сократить количество рабочих, необходимых для строительства, что позволяет снизить затраты на оплату труда. Сравнение технико-экономических показателей блочных и кирпичных зданий показывает, что строительство происходит быстрее

на 15% и требует меньше трудозатрат на 20%. Кроме того, такие конструкции хорошо сохраняют тепло и звук, что делает их привлекательными для жилья и коммерческих объектов.

Недостатки крупноблочных зданий я включают в себя ограничение архитектурных решений, необходимость дополнительной внутренней и наружной отделки, ограничение строительства малоэтажными зданиями из-за прочности свойств блоков. Сложность транспортировки, крупные блоки требуют специализированного транспорта и оборудования для перевозки, что может усложнить логистику строительства. Ограничения в габаритах из-за размеров крупноблоков возможны ограничения в доступе к строительному участку, особенно в условиях городской застройки. Высокая стоимость производство и транспортировка крупно блоков могут быть дороже, чем традиционные методы строительства, что может повлиять на общую стоимость проекта.

1. Контроль качества материалов : Осуществляя контроль качества строительных блоков и других материалов, используемых при возведении здания, можно гарантировать их соответствие стандартам и требованиям, что влияет на прочность и долговечность конструкции. Важно также следить за правильным хранением материалов, чтобы избежать их порчи и уменьшить возможность появления дефектов. Контроль качества материалов позволяет выявить недостатки еще на стадии производства или поставки и предотвратить возможные проблемы в дальнейшем. Кроме того, регулярный контроль качества материалов способствует экономии средств на ремонте и обслуживании здания в будущем. Рекомендуется организовать систему мониторинга качества материалов с участием специалистов и сотрудников, ответственных за соответствие используемых материалов стандартам и требованиям.

2.Контроль качества производства: Недостаточное время сушки и отверждение блоков во время производства.

3. Контроль технологических процессов: Следя за соблюдением технологий изготовления и укладки блоков, можно предотвратить ошибки и дефекты в конструкции, обеспечивая стабильность и надежность здания. Самыми частыми ошибками при монтаже являются некачественные соединения блоков и креплений.

4. Контроль соблюдения сроков : Строгое соблюдение сроков в строительстве крупноблочных зданий позволяет избежать задержек и переплат, а также обеспечить своевременную сдачу проекта.

Примеры практического применения строительного контроля в крупноблочных зданиях.

1. Контроль качества блоков : Контроль позволил выявить дефекты в

производстве блоков стен, что послужило причиной для улучшения процесса изготовления и повышения качества блоков.

2. Контроль технологических процессов : контроль за процессами укладки блоков и применения специализированных технологий позволил оптимизировать строительные процессы и обеспечить правильное соединение блоков.

3. Контроль соблюдения сроков: Систематический мониторинг выполнения этапов строительства и установление жестких контрольных точек позволит уклониться от просрочек и завершить строительство в срок. Благодаря постоянному отслеживанию выполнению работ и установлению строгих контрольных мер удастся успешно завершить строительство в запланированные сроки.

Применение строительного контроля в крупноблочных зданиях играет ключевую роль в обеспечении качества, безопасности и соблюдении сроков строительства. Эффективный контроль позволяет предотвращать проблемы, обеспечивать стабильность и долговечность конструкции, а также снижать риски возникновения недостатков и дефектов. Внедрение строительного контроля является важным шагом к успешному реализации проектов крупноблочного строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кузьмина Т.К., Аветисян Р.Т., Мирзаханова А.Т.* Особенности строительства зданий из крупногабаритных модулей (ЧАСТЬ 1) Известия Тульского государственного университета. // Технические науки. 2022. № 5. С. 95-101.
2. *Кузьмина Т.К., Аветисян Р.Т., Мирзаханова А.Т.* Факторы, влияющие на выбор организационнотехнологических решений при строительстве зданий из крупногабаритных модулей (ЧАСТЬ 2) // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 5. С. 178-185.
3. *Кузьмина Т.К., Ледовских Л.И., Акимова Е.А., Коблюк Д.А.* Анализ качества взаимодействия участников системы строительного контроля // Строительное производство. 2023. № 3. С. 74-80.
4. *Тихомиров Б.И., Коршунов А.Н., Королев С.А.* КРУПНОБЛОЧНОЕ ЗДАНИЕ // Патент на полезную модель RU 119365 U1, 20.08.2012
5. *Магдалиц-Ковалева Л.Л., Лихошерст Р.В.* Некоторые аспекты ремонта крупноблочных и крупнопанельных зданий гражданского строительства // Депонированная рукопись № 53-Ук2003 05.05.2003

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ПРОЦЕССЕ КЛАДКИ СТЕН ИЗ ГАЗОСИЛИКАТНЫХ БЛОКОВ

В современном строительстве газосиликатные блоки приобрели большую популярность, предоставляя прочный и легкий материал для кладки стен. Однако, несмотря на их преимущества, существуют риски возникновения дефектов в процессе кладки. Чтобы не допустить или минимизировать ущерб, необходимо управлять причинами их возникновения на основе оценки и управления рисками [1].

Целью исследования является управление дефектами качества с учетом оценки риска при кладке стен из газосиликатных блоков для их предотвращения. Для достижения данной цели требуется решить ряд задач, которые включают:

- обзор литературы и существующих методов по тематике;
- выделить ключевые дефекты;
- построение дерева отказов;
- расчет дерева отказов – вероятностей причин и потенциального ущерба.

Исследование, представленное в данной статье, посвящено вопросам управления дефектами качества при кладке стен из газосиликатных блоков с использованием риск-ориентированного подхода и оценки риска. Методология исследования базируется на построении дерева отказов (неисправностей), что позволяет систематизировать и классифицировать потенциальные дефекты и их возможные причины.

Для анализа риска применяются теория вероятностей и методы математической статистики, что позволяет оценить вероятность возникновения дефектов и определить их потенциальные последствия. В рамках исследования разрабатываются рекомендации по менеджменту риска, направленные на предотвращение дефектов качества при кладке стен из газосиликатных блоков [2-4].

Рассмотрим дефект низкой прочности раствора при кладке из газосиликатных блоков. Этот дефект, как и другие может быть обусловлен множеством ошибок, неточностей и халатности.

Было проведено построение дерева отказов для анализа дефекта низкой прочности раствора при кладке стен из газосиликатных блоков. Дерево отказов было структурировано на основе основных причин, влияющих на качество раствора и его прочность в процессе кладки. Определены основные ветви:



Рис. 1. Дерево отказов для дефекта низкой прочности раствора

1. Несоблюдение технологических рекомендаций: включает в себя неправильные пропорции компонентов раствора и недостаточное время выдержки раствора, что может привести к нарушению его свойств и снижению прочности.

2. Некачественное хранение: Воздействие влажности и погодных условий, а также несоответствующая упаковка, могут вызвать нежелательные изменения в свойствах раствора, включая снижение его прочности.

3. Нарушение технологического режима: Недостаточное уплотнение раствора и неравномерное нанесение раствора могут привести к образованию внутренних дефектов и слабых мест в кладке, что сказывается на прочности стены.

Проведенный анализ дерева отказов позволяет выявить ключевые факторы, влияющие на возникновение дефекта низкой прочности раствора, и определить стратегии предотвращения таких дефектов в процессе строительства. Полученные результаты имеют важное значение для повышения качества строительства и обеспечения долговечности конструкций из газосиликатных блоков.

В предложенном варианте используется методика расчета дерева отказов для анализа дефекта низкой прочности раствора при кладке из газосиликатных блоков. Данная методика основывается на систематическом подходе к анализу возможных причин дефекта и их последствий.

Согласно ГОСТ Р 12.0.010-2009, риск R события A рассчитывается по формуле

$$R(A) = P(A)U(A) \quad (1)$$

где $P(A)$ – вероятность события A ; $U(A)$ – потенциальный ущерб события A .

В первую очередь, проводится анализ возможных факторов, которые могут влиять на прочность раствора и его свойства в процессе кладки. Эти факторы включают в себя несоблюдение технологических рекомендаций, некачественное хранение и нарушение технологического режима.

Затем, каждый из этих факторов детализируется до конкретных возможных сценариев отказов, которые могут привести к дефекту низкой прочности раствора. Например, для несоблюдения технологических рекомендаций могут быть выделены подветви с неправильными пропорциями компонентов раствора и недостаточным временем выдержки. Далее, для каждого сценария отказа определяется вероятность его возникновения и потенциальные последствия для качества кладки. Эта информация используется для построения дерева отказов с учетом иерархии и взаимосвязей между различными факторами и сценариями отказов.

Таким образом, предложенная методика позволяет систематизировать и анализировать потенциальные риски и дефекты, связанные с низкой прочностью раствора при кладке из газосиликатных блоков, что способствует разработке эффективных стратегий их предотвращения и управления качеством строительства. Полученные результаты имеют практическое применение и могут быть использованы в инженерной практике для повышения надежности и долговечности строительных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Латидус А.А., Макаров А.Н.* Применение риск-ориентированного подхода при выполнении функций строительного контроля техническим заказчиком // Вестник МГСУ – 2022. Т. 17, № 2. С. 232-241.
2. ГОСТ Р 12.0.010-2009 «Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков».
3. ГОСТ Р 27.302-2009 «Надежность в технике (ССНТ). Анализ дерева неисправностей».
4. ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска».
5. *Славина, А.Ю.* Повышение эффективности работы подразделения проектной организации на базе виртуальной среды/ С.А. Синенко, А.Ю. Славина // БСТ: Бюллетень строительной техники – 2018. № 4(1004). С. 48-49.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТОМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В настоящее время строительная отрасль занимает одну из ведущих позиций в экономике страны, которая безусловно на прямую взаимосвязана с развитием новых передовых технологий, совершенствования имеющихся техник и методик. Проблемы управления строительными проектами, реализуемыми с применением цифровых технологий, сложны и многогранны. Современные реалии диктуют быстрый темп развития, под который компаниям необходимо грамотно подстраиваться. Цифровизация – вот ключевое направление, в развитие которого активно занимается государства. В связи с чем в строительстве появляется все больше возможностей для модернизации процессов, в том числе и в управления проектами. Компании применяют новые подходы к хранению данных, системам проверки и т.д. На основании чего возникает вопрос о грамотном подходе к управлению, который в идеале смог бы объединить большую часть новых цифровых систем в единое пространство, создать рабочую среду, которая повысит эффективность и сможет снизить риски возникновения ошибок на различных этапах проекта. Также немаловажным пунктом в системе управления проектом является взаимосвязь основных участников: Заказчик, Застройщик, Подрядчик, Проектировщик. Все они должны находится в едином информационном поле и иметь доступ к необходимой информации [1?2].

Как упоминалось ранее сейчас активно развиваются информационные системы, которые позволяют повысить эффективность работы строительных компаний. Можно выделить несколько основных технологий управления, которые набирают популярность:

1. Управление проектом на основе облачных вычислений. Преимуществами такого подхода являются:

- удобство хранения и совместного использования информации;
- доступ к информации в реальном времени для всех участников проекта;
- значительное снижение трудозатрат в управлении документооборотом.

2. Управление проектом с применением искусственного интеллекта. Преимуществами такого подхода являются:

- автоматизация задач по прогнозированию затрат, определения рисков и подготовки мер по их минимизации;
- обнаружение закономерностей и выявление потенциальных проблем с рекомендациями по их устранению.

3. Управление проектом с использованием мобильных приложений. Преимуществами такого подхода являются:

- доступ ко всей необходимой информации по проекту и инструментам с мобильного устройства;
- возможность решения ряда проблем практически из любой точки;
- сокращение бумажной нагрузки в компании, экологичность.

4. Управление проектом с применением интегрированной системой управления проектом. Преимуществами такого подхода являются:

- единая платформа позволяющая объединить различные технологии в один интерфейс;
- упрощение систем взаимодействия, прозрачность и четкость процессов, улучшение координации между участниками [3,4].

По результатам исследований на 2023 г. цифровизация строительных компаний процесс освоения новых технологий уже прослеживается. Наиболее популярной «технологией» безусловно является электронный документооборот. Данные приведены на рис. 1.



Рис. 1 Использование цифровых технологий девелоперскими и строительными компаниями

Разработка новых технологий направлена на улучшение уже имеющихся методик и методов управления, однако строительные компании не спеша переходят на новые уровни. Прежде чем вводит ту

или иную технологию в обиход необходимо тщательно проанализировать текущие процессы и понять какие ресурсы потребуются для внедрения новых решений. Безусловно, главными будут являться деньги и сотрудники, которых нужно будет обучить или привлечь новых с нужными компетенциями. Также необходимо время на адаптацию, устранению возникших в процессе ошибок и недоработок. Процесс не быстрый, но положительные тенденции уже сейчас можно проследить в действиях крупные девелоперских компаний, которые постепенно начинают вводить ограничения в отношении бумажного документооборота и обязательного применения тех или иных технологий. На передовых позициях можно отметить такие компании как ПИК, ФСК, Донстрой, Level.

Проведенное исследование позволило определить несколько основных направлений развития технологий управления строительными проектами, которые на прямую связаны с цифровизацией. Стоит отметить, что каждый проект уникален по своей природе, поэтому необходимо подходить к вопросам внедрения тех или иных решений с должной подготовкой, чтобы на выходе получить качественный результат, который действительно сможем оптимизировать процессы управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 54869 – 2011 Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом.
2. *И. Л. Владимирова, С. С. Бачурина, В. И. Ресин* Цифровые методы в инновационном управлении инвестиционно-строительными проектами. Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2020. 448 с.
3. *Василенко Ж.А., Пономарева Е.А.* Анализ и систематизация методов управления коммерческой недвижимостью. / Экономический вестник Дона – 2017. № 2. С. 95.
4. *Коников, А. И.* Перспективные направления в области информационных систем управления строительством / А. И. Коников // Промышленное и гражданское строительство – 2019. № 6. С. 64-69.
5. *Познахирко Т.Ю., Бунякин С.Н.* Активный BIM для оптимизации расположения складских площадок и башенных кранов//Перспективы науки. 2023. № 5 (164). С. 163-166.
6. *Синенко С.А., Жадановский Б.В., Познахирко Т.Ю., Подорога Е.* Выбор способа производства строительных работ по совокупности технологических карт //Components of Scientific and Technological Progress. 2023. № 5 (83). С. 69-75.

Студент магистратуры 2 года обучения 22 группы ИПГС М.К. Морозова
Научный руководитель – проф. каф. ТОСП, д-р техн. наук, проф. С.А. Синенко

О СОВРЕМЕННЫХ ФОРМАХ ДИСТАНЦИОННОЙ РАБОТЫ ПРОЕКТНЫХ БЮРО

В работе выполнен анализ опыта применения дистанционного формата работы в России и зарубежье, его адаптации и формах в рамках деятельности проектных компаний строительной отрасли.

В настоящее время высока актуальность вопросов, связанных с организацией процесса проектирования. На данный этап приходится около 10% сметной себестоимости строящегося объекта. Проектирование тесно взаимосвязано с производством работ. Даже один день простоя на крупной стройке из-за заминок среди проектировщиков может стоить 10 млн рублей [1].

В современных условиях цифровизации отрасли строительства особое место занимает переход проектных строительных компаний на дистанционный формат работы. Особенно актуальным данный процесс стал во время и после периода самоизоляции 2020 года, ведь организации строительной области относятся к предприятиям непрерывного цикла.

В связи с этим объем удалённых работ в проектном бюро постоянно обсуждается, ищутся новые формы, появляются попытки адаптировать имеющиеся в иных сферах формы организации труда:

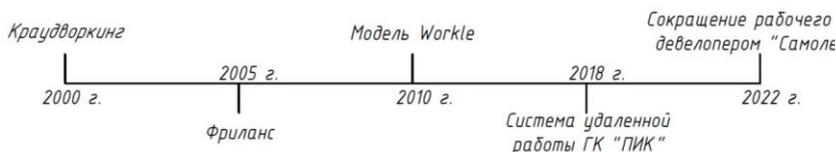


Рис.1 Хронология развития форматов удаленной работы

«Краудсорсинг» стал популярным в 2000-х годах [2]. Формат предполагает объединение неограниченного количества людей для выполнения задач без вознаграждения или за минимальную плату. Одним из типов «краудсорсинга» является «краудворкинг» – процесс привлечения специалистов для решения задач цифровой экономики: выполнения графических, программных функций, научных исследований и обработки данных. Основные преимущества данных форм взаимодействия базируются на открытости, наличии сообщества участников, децентрализации, гибкости, мотивации, масштабируемости, соревновании и сотрудничестве, инновациях, возникающих при

объединении людей различных профессий, культур и опыта для достижения единой цели [2].

Следующим шагом в развитии форм дистанционной работы стала организованная в 2010-ом году модель, предлагающая возможность не только получать случайные внештатные задания, но и проходить обучение, получать официальный доход и строить карьеру - Workle [3].

В это же время в России начал развиваться фриланс. Фриланс – одна из форм удаленки, при которой работник выполняет различные задачи в соответствии с договоренностями. В отличие от платформ Workle, работник сам определяет вектор своего развития, а обучение проходит на сторонних ресурсах и за свой счет. Однако, в Роскачестве предупреждают, что за безопасность человека на фрилансе отвечает он сам, а не работодатель [4]. .

Данное предупреждение и потребность в привлечении сотрудников из других регионов поспособствовали развитию внутренней дистанционной структуры ГК «ПИК» в 2018 году, в рамках которой работа ведется удаленно по найму в соответствии с Трудовым Кодексом Российской Федерации [5].

Отдельным вопросом в настоящий момент становится длительность рабочего дня при удаленном формате работы. Работая в офисе, сотрудник имел возможность отвлечься от задач, выпить кофе с коллегами, посоветоваться с руководителем и принять участие в совещании в рабочее время. При переходе на «удаленку» контроль за проводимым в решении рабочих задач времени ужесточился. С одной стороны, это позволило организациям понять, сколько времени необходимо на выполнение той или иной задачи, а значит, постепенно разрабатывать продукты, направленные на повышение эффективности труда. С другой, вызвало дискомфорт у сотрудников, ведь работа без перерыва 7-8 часов в сутки требует высокой самоорганизации и выносливости.

Согласно [6], новые технологии снижают временные затраты на производство, а значит, должна снижаться продолжительность рабочего дня. В 2022 году девелопер «Самолет» ввел четырехдневную рабочую неделю [7]. Согласно концепции, работник может сократить объем задач и зарплаты на 20% или убрать один рабочий день без изменения объема задач, если может самостоятельно управлять своей нагрузкой и не терять в производительности.

Таким образом, проектные организации активно находят новые форматы виртуальной организации труда [7]. Магистральным направлением дальнейших исследований видится создание методики организации иерархии внутри проектной компании и

совершенствование процесса подбора персонала для её эффективной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мотовиц Т.Г. Развитие механизма краудворкинга в условиях цифровой экономики/ Мотовиц Т.Г.//Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки – 2023. № 11. С. 298-303.

2. В России активно развивается бизнес интернет-площадок, которые сводят вместе заказчиков и исполнителей [Электронный ресурс] // ВЕДОМОСТИ: 07.11.2014, URL: <https://www.vedomosti.ru/management/articles/2014/11/07/shvec-i-zhnec-na-internet-platforme> (дата обращения: 10.02.2024 г.).

3. В Роскачестве предупредили фрилансеров от обмана при трудоустройстве на работу онлайн [Электронный ресурс]//ТАСС: 24.04.2020, URL: <https://tass.ru/obschestvo/8322593> (дата обращения: 10.02.2024 г.).

4. Кейс «ПИК-Проект»: перевести 2000 человек на удаленку до того, как это стало мейнстримом [Электронный ресурс]//VC.RU: 17.09.2020, URL: <https://vc.ru/services/159138-keys-pik-proekt-perevesti-2000-chelovek-na-udalenuku-do-togo-kak-eto-stalo-meynstrimom> (дата обращения: 10.02.2024 г.).

5. Рабочий день длится восемь часов, но эксплуатация всё сильнее - экономист [Электронный ресурс]//ИА Регнум: электронное издательство, 09 июля 2020 г, URL: <https://regnum.ru/news/3006172> (дата обращения - 10.02.2024 г.).

6. Полгода назад девелопер «Самолет» ввел четырехдневку [Электронный ресурс]//VC.RU: 17.02.2023 г., URL: <https://vc.ru/samolet/609577-polgod-a-nazad-developer-samolet-vvel-chetyrehdnevku> (дата обращения 10.02.2024 г.).

7. *Славина, А.Ю.* Повышение эффективности работы подразделения проектной организации на базе виртуальной среды/ С.А. Синенко, А.Ю. Славина // БСТ: Бюллетень строительной техники – 2018. № 4(1004). С. 48-49.

Студент магистратуры 1 года обучения 22 группы ИПГС Николенко Д. М.

Научный руководитель - доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук Т. Х. Бидов

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СТРОЙГЕПЛАНОВ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ РАЗВИТИИ ТЕРРИТОРИЙ

Комплексное развитие территорий, стремительно набирающее обороты явление в нашей стране, характеризует подход к управлению, направленный на всестороннее улучшение экономического, социального, экологического состояния территории. Использование данного средства позволяет учесть разнообразные аспекты, такие как транспортная, инженерная и социальная инфраструктура, развитие городской среды, создание новых рабочих мест, что в общем итоге ведет к повышению уровня жизни граждан [1-2].

В настоящий момент в нашей стране уже запущено множество программ по комплексному развитию территории (далее – КРТ), однако в большинстве своем они подразумевают редевелопмент промышленных и пустующих зон и не затрагивают уже сложившуюся городскую застройку. Создание единой программы сможет собрать в себя движущиеся параллельно социально значимые проекты, оказывающие влияние на городскую среду, такие как:

- программа капитального ремонта многоквартирных жилых домов (далее – МКД) и объектов социальной инфраструктуры, которая в настоящий момент активно развивается во всей стране;
- программа реновации жилой застройки, столь активно проводимую в московском регионе;
- редевелопмент пустующих и неэффективно используемых территорий.
- Важной частью реализации каждого проекта является организационно-технологическое проектирование, для каждого проекта это свой документ:
- Новое строительство – проект организации строительства (далее – ПОС);
- Реновация – ПОС, в котором учтена необходимость сноса зданий и сооружений, попадающих в пятно застройки;
- Капитальный ремонт социальных объектов – ПОС, с учетом сохранения существующих конструкций;
- Капитальный ремонт МКД – проект организации капитального ремонта (далее – ПОКР), ключевой особенностью которого

является необходимость разработки на один или несколько видов работ, проводимых при капитальном ремонте;

- Ревелопмент – может включать в себя как снос и новое строительство, так и реконструкцию существующих зданий, которые так же нормируются ПОС.

Общим элементом всех этих документов является необходимость разработки строительного генерального план, который важнейшей частью проекта, регламентирующий организацию строительной площадки, координирующий работу между различными участками строительного процесса, позволяющий оптимизировать использование территории и ресурсов [3].

Для каждого проекта есть свои особенности по созданию стройгенплана. В ходе анализа были выявлены факторы, которые оказывают наибольший влияние на разработку стройгенплана при КРТ, таблица 1 [4-6].

Таблица 1

№ п/п	Факторы, оказывающие влияние на стройгенплан при КРТ	Фактор	Описание
1	Разнородность объектов, включенных в проект		В проект организации комплексного развития территории входят различные объекты, что требует разных организационно-технологических решений
2	Характеристики земельного участка		Земельный участок, выделенный для ведения работ, может требовать привлечения дополнительных земель для организации строительства
3	Расположение бытового городка		В условиях сложившейся городской застройки и многочисленных подземных коммуникаций сложно найти место для расположения бытового городка
4	Расположение временных дорог		В условиях сложившейся транспортной сети и интенсивного трафика, организовать въезды/выезды со строительной площадки располагаются не в удачных местах
5	Подбор машин и механизмов		Не оптимальный комплект машин и механизмов приводит к удорожанию стоимости строительства

6	Мероприятия по уменьшению опасных зон	При проведении работ в условиях сложившейся и уплотняющейся застройки необходимо уделять большое внимание уменьшению опасных зон от работы
7	Социальный фактор	Необходимо учитывать мнение граждан, так как работы проводятся в сложившейся городской застройке
8	Сохранение частей существующей инфраструктуры	Необходимость сохранения существующих зеленых насаждений, мест отдыха граждан, детских площадок

В результате проведенного исследования были выявлены основные особенности разработки стойгенплана при реализации проекта комплексного развития территории. Выбранное направление актуально и интересно для дальнейшего исследования, а выявленные факторы послужат аналитической базой для дальнейшего изучения организационно-технологических решений при реализации программы КРТ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Стерник, С. Г.* Комплексное развитие территорий и экономика регионов / *С. Г. Стерник* // Проблемы прогнозирования – 2023. № 2(197). С. 57-75.
2. *Куракина, О. В.* Применение BIM-технологий в управлении проектами комплексного развития территорий / *О. В. Куракина* // Теория и практика управления: ответы на вызовы цифровой экономики, Москва, 03 декабря 2021 года. – Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова – 2021. С. 454-458.
3. *Латидус, А. А.* Параметры подбора кранового хозяйства при проектировании строительных генеральных планов / *А. А. Латидус, М. А. Катасонова* // Строительное производство – 2019. № 1. С. 56-61.
4. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство – 2022. № 4. С. 100-105.
5. Анализ основных проблем планирования программ капитального ремонта / *А. Ю. Кагазежев, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев, Я. В. Шестерикова* // Перспективы науки – 2022. № 12(159). С. 81-86.
6. *Бидов, Т. Х.* Технологические решения по отделочным работам мест общего пользования при строительстве жилых многоэтажных зданий в городе Москве / *Т. Х. Бидов, А. О. Желтая* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 2. – С. 529-534.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕРВИСА ЗАКУПОК И СНАБЖЕНИЯ

Искусственный интеллект в строительстве — это инновационная технология, появившаяся в последние годы. Один из самых востребованных и распространенных вариантов использования искусственного интеллекта в стройке сегодня — предиктивная аналитика. Это способ прогнозирования, основанный на использовании big data и искусственного интеллекта [1].

Данная индустрия является сектором экономики, которая имеет большой потенциал для повышения эффективности. На всех этапах строительства неотъемлемой частью является процесс закупок и снабжения. Это трудоемкая работа, которая требует много внимания и времени.

Автоматизация в данном направлении поможет избежать переизбытка или нехватки материалов, экономично распределять бюджет, оперативно управлять процессом производства строительных работ, а также снизить риски ошибок. На рисунке 1 представлен вариант искусственного кладовщика, управляемого дистанционно.



Рис. 1. – Искусственный кладовщик

Если говорить именно об искусственном интеллекте, чтобы это воплотить в жизнь, нам потребуется специализированное программное обеспечение и высокотехнологичное оборудование состоящие из: комплексной системы видеонаблюдения, отслеживания и мониторинга при помощи специализированных датчиков.

Далее рассмотрим алгоритм внедрения комплексной автоматизированной системы в сфере закупок и отслеживания строительной продукции:

Мониторинг выполнения заказов и взаимодействие с поставщиками осуществляется с помощью искусственного интеллекта, что позволяет отслеживать их статус, оповещать своевременно о задержках. Есть функция автоматической связи с поставщиком, а также обмена информацией о

состоянии поставки, согласования и подтверждения сроков, цен. После чего формируются документы в виде счетов и накладных.

Следующий этап — это система управления данными, включающая в себя датчики движения, в комплексе с системой видеонаблюдения, которые позволяют считывать такие параметры как количество и состояние продукции. После чего информация поступает на сервер, где происходит обработка при помощи ПО.

Далее система формирует отчет о остатках и при необходимости генерирует заявку на недостающие позиции.

На сегодняшний момент на рынке используется «БИТ.СТРОИТЕЛЬСТВО» — это модульная система, которая автоматизирует снабжение и учет продукции по объектам строительства. Позволяет планировать потребность в материалах, контролировать их движение, управлять всеми складскими операциями от прихода до списания [2,3]. Однако основа данной программы на базе 1С, это облегчает рутинные задачи, но непосредственно искусственный интеллект здесь не участвует в технологическом процессе.

К преимуществам рассматриваемой технологии относятся: снижение издержек при снабжении объекта, более глубокое внедрение инструментов «бережливого производства». На основе инструментов искусственного интеллекта появилась возможность статистической наработки более эффективных принципов управления строительным производством. Однако есть и ряд недостатков, к ним можно отнести высокую стоимость оборудования и программного обеспечения, дефицит кадров, сложность высококачественной информационной связи, при строительстве отдаленных мест производства работ.

В строительной отрасли искусственный интеллект может анализировать исходные данные и объединять их в процессе проведения анализа множественных соответствий, оценки затрат и времени на выполнение бизнес-процессов, определения эффективности принимаемых решений. Тем самым, на современном этапе развития в строительной отрасли используется слабый искусственный интеллект, который воплощается в приложениях, используемых при проведении диагностики (диагностика тепловой защиты зданий и др.), при принятии решений (анализ рисков и возможностей и др.), при проектировании и эксплуатации зданий (информационное моделирование, BIM и др.), при решении сложных задач (расчет конструкций), для автоматизация задач (с помощью станков с числовым программным управлением) и др. Эти приложения оказывают влияние на всех операторов строительной отрасли. Решения искусственного интеллекта позволяют постоянный контроль над реализацией строительных проектов на всех

их стадиях, а также позволяют управлять качеством работ в режиме реального времени.

Важную роль в строительной отрасли занимает Интернет вещей (IoT), использование которого позволяет усовершенствовать инструментарий управления оборудованием и транспортными

средствами. Последнее обусловлено тем, что решения IoT обеспечивают «определение местоположения, возможности профилактического обслуживания, расход топлива и аккумулятора и др.» [4,5]. Немаловажным выступают возможности ИИ для повышения производительности труда, что имеет особое значение для строительной отрасли, характеризующейся дефицитом кадров и повышенным уровнем их текучести.

В заключении нужно отметить, что данная инновационная технология в сфере строительства не достигла массового применения, в связи с отсутствием должного финансирования и наличия необходимых специалистов.

БИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Светуныкова А.* Искусный строитель: как нейросети используются в строительстве. Предиктивная аналитика является наиболее распространенным вариантом интеграции ИИ. 2023.
2. *Иноземцев, Д. П.* Беспилотные летательные аппараты: Теория и практика // Технологии. – 2016. – 28 мая. – С. 5.
3. *И.Л. Владимирова, С.С. Бачурина, В.И. Ресин* Цифровые методы в инновационном управлении инвестиционно-строительными проектами. Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2020. 448 с.
4. *Туфетулов А. М., Бакулина Л. Т., Хамидуллина Ф. И.* Трансформация инструментария управления национальной экономической безопасностью с учетом «новых социальных рисков» // Горизонты экономики. — 2023 — 4(77). — С. 22—27.
5. Artificial Intelligence in Construction Market Size, Competitive Landscape and Trend Analysis Report by Offerings (Solutions, Services), by Deployment Type (Cloud, On-premises), by Organization Size (Small and Medium-sized Enterprises (SMEs), Largeenterprises), by Industry Type (Residential, Institutional commercials, Others): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021–2031. – 2022 — 280 p.

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГРАЖДАНСКИХ ОБЪЕКТОВ ПОСЛЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Из-за природных катаклизмов и военных действий происходят чрезвычайные ситуации, которые приводят к большим потерям: материальным убыткам, человеческим жертвам, угрозам здоровью людей и нарушению экологического равновесия. Это может иметь долгосрочные негативные последствия [1,3,7].

Цель данной статьи - проанализировать организационно-технологические решения при проектировании гражданских объектов, которые подверглись сильному землетрясению и последующему разрушению территории.

Организационно-технологические решения в данной работе означают комплекс мероприятий, направленных на достижение задач, связанных с восстановлением территории. Вопросы, которые требуют решения, включают [4,6,11]:

- исследование и обследование зданий на территории для восстановления;
- наличие необходимых материальных ресурсов, машин, оборудования;
- наличие трудовых ресурсов;
- обеспечение доставки материалов;
- организация логистики и перемещение различных потоков информации, материалов и средств.

Кроме того, важно обеспечить инженерную и инженерно-транспортную инфраструктуру, от которых зависит продолжительность и стоимость строительства [5,8].

В связи с вышесказанным, сегодняшним актуальным задачей является определение технологии возведения различных конструкций при особых условиях восстановления территории после чрезвычайных ситуаций, а также необходимых ресурсов и обеспечения [1,9].

В результате данной работы разработана таблица, в которой указаны основные направления работ по организации и технологическим процессам при проектировании восстановления гражданских объектов на пострадавшей территории после чрезвычайных ситуаций [2,4,10].

Мероприятия работ по организации и технологическим процессам при проектировании восстановления гражданского объекта на пострадавшей территории после ЧС

<p>Мероприятия по организации работ при восстановлении объекта на пострадавшей территории</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аварийные работы и деактивация (дагазация) площадки строительства 2. Частичная разборка завалов и угрожающих обвалом частей для организации рабочих мест 3. Временное разгружение поврежденных и восстанавливаемых конструкций и других элементов зданий 4. Разборка и снос поврежденных зданий, которые в ходе работы признаны нецелесообразным 5. Полная разборка завалов 6. Подбор и складирование строительного материала, конструкций и их частей и др. 	
<p>Мероприятия по технологическим процессам при восстановлении объекта на пострадавшей территории</p>	<p>1</p>	<p>Подготовительный этап:</p>
		<p>Мероприятия</p>
		<p>1. Инженерное обследование поврежденных и разрушенных зданий</p>
		<p>2. Визуальное обследование состояния несущих строительных конструкций</p>
		<p>3. Определение износа и конструктивной схемы здания</p>
		<p>4. Определение степени и характера повреждения здания</p>
	<p>5. Установление необходимости проведения испытания конструкций здания и др.</p>	
	<p>6. Составление заключения об актуальном состоянии объекта и др.</p>	
	<p>2</p>	<p>Основной этап:</p>
		<p>Мероприятия</p>
<p>1. Укрепительные работы после получения заключения о состоянии объекта</p>		
<p>2. Восстановительные работ</p>		
<p>3. Ввод объекта в эксплуатацию</p>		

Изучение процесса формирования организационно-технологических решений при проектировании гражданских объектов дает нам понять,

что приоритет принадлежит таким решениям, которые позволяют применять малозатратных (и по временным, и по ресурсным затратам) технологий строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Сергеев А.М.* Чрезвычайные ситуации в технобиосфере, Москва-2019.
2. *Игоров А.Н.* Организация и управление экстренным строительством, Санкт Петербург, 2012.
3. *Ширишиков Б.Ф.* Особенности разработки организационно-технологических решений при выполнении строительно-восстановительных работ в чрезвычайных условиях / Б. Ф. Ширишиков, В. В. Акулич. – Москва, 2015.
4. *Абрамова А.И.* Организация строительства быстровозводимых зданий после чрезвычайных ситуаций/Москва, 2021.
5. *Shatrova A.* The choice of organizational and technological solutions based on the modeling option / A. Shatrova // IOP conference series : Materials science and engineering. International science and technology conference «FarEastCon2019» 2020. P. 052035.
6. *A. Lapidus, Y. Ndayiragije.* Sip-technology as solution in low-rise multifamily residential buildings / E3S Web of Conferences: 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. P. 06032.
7. *Лapidус А.А., Абрамов И.Л., Кузьмина Т.К., Абрамова А.И.* Устойчивость деятельности строительных организаций в условиях возникновения факторов риска // Промышленное и гражданское строительство. 2023. №11. С. 97-104.
8. *Нектов В.В.* Риски несвоевременного завершения строительномонтажных работ // Молодой учёный – 2022. С. 115-118.
9. *СП 435.1325800.2018.* Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ.
10. *Лapidус А.А., Абрамов И.Л.* Системно-комплексный метод реализации строительных проектов // Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 10 (76). С. 39-42
11. *Абрамов И.Л., Аль-Заиди З.А.К.* Влияние технических рисков на эффективное функционирование строительных предприятий // Вестник Евразийской науки, 2020 №1. С. 1-8.

Студент магистратуры 2 года обучения 21 группы ИПГС Расторгуев А.А.

Научный руководитель – доц., канд. эконом. наук, доц. Е.В. Михайлова.

ОПТИМИЗАЦИЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДЖИНИ

В современной строительной отрасли эффективное календарное планирование играет ключевую роль в обеспечении успешного инвестиционно-строительного проекта. Календарный план даёт наглядное представление о последовательности строительных процессов, сроках выполнения различных этапов, требуемых ресурсах на тот или иной вид работ [1]. Оптимизация этого процесса является необходимым условием для минимизации издержек, повышения эффективности использования ресурсов и обеспечения соблюдения сроков выполнения работ. В контексте конкурентной среды строительной индустрии, где ресурсы всегда ограничены, разработка эффективных методов календарного планирования является актуальной задачей, требующей серьезного внимания и исследований.

Важным аспектом успешного календарного планирования в строительстве является учет финансовых ресурсов, необходимых для выполнения работ. Однако, при разработке календарных планов и графиков выполнения работ зачастую не уделяется достаточного внимания анализу неравномерности распределения этих ресурсов по времени. Вследствие этого, могут возникнуть проблемы с финансированием проектов, что негативно сказывается на их реализации.

Цель написания данной статьи - формирование представления использования коэффициента Джини для оптимизации календарного плана, выявление преимуществ инструмента.

В рамках рыночной экономики заказчику приходится оперировать в условиях острой конкуренции, что делает поиск свободных денежных ресурсов сложной задачей. Особенно это актуально, когда заказчик финансирует одновременно несколько проектов, и возникает вопрос о приоритетности финансирования каждого из них.

Одним из методов, который может помочь в оптимизации календарного планирования в строительстве, является использование коэффициента Джини. Этот макроэкономический показатель используется для оценки дифференциации денежных доходов населения и сравнения вложений в экономиках различных отраслей. В контексте строительства, он может быть использован для оценки неравномерности

развития капитальных вложений и как критерий оптимизации финансовых ресурсов.

Геометрическая интерпретация коэффициента Джини основана на графике Лоренца, который показывает неравномерное распределение общего объема капитальных вложений по временным периодам, чем ближе значение коэффициента к 1, тем выше степень неравномерности распределения, поэтому чтобы оптимизировать календарный график требуется распределять ресурсы так, чтобы значение коэффициента стремилось к 0. Диагональ квадрата указывает на равномерное распределение капитальных вложений (рисунок 1). [2].

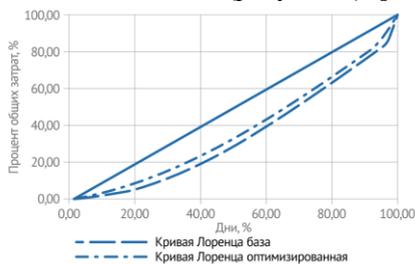


Рис. 1. Кривые Лоренца для распределения освоения капитальных вложений базового и оптимизированного календарных планов.

Для измерения уровня неравномерности использования капитальных вложений применяется формула 1, которая позволяет вычислить коэффициент Джини.

$$K_G = 1 - 2 \sum_{i=1}^2 p_i \text{cum} q_i + \sum_{i=1}^n p_i q_i, \quad (1)$$

Где p_i — доля дней, принадлежащей к i группе в общей продолжительности строительства; q_i — доля капитальных вложений, освоенных в i группе дней; $\text{cum} q_i$ — кумулятивная доля капитальных вложений; n — число групп [3].

Для использования коэффициента Джини в календарном планировании строительства необходимо следовать определенным шагам. В первую очередь, необходимо составить список работ и определить их объем и время выполнения. Далее следует распределить затраты и рассчитать трудоемкость работ. После необходимо построить базовый календарный план с указанием критического пути и заполнить затраты для каждого вида работ. Затем следует корректировка календарного плана до достижения необходимых показателей равномерности распределения финансовых ресурсов при помощи внедрения коэффициента Джини.

Сформировав представление использования инструмента, можно выделить следующие преимущества:

Благодаря данному инструменту строительные компании более точно определяют, где и когда требуются дополнительные ресурсы, что способствует более эффективному использованию финансов [4].

Равномерное распределение капитальных вложений позволит снизить финансовые риски и избежать излишних затрат, что способствует улучшению финансовых показателей проекта, таких как ROI (Return on Investment) и NPV (Net Present Value) [5].

Также с помощью данного коэффициента уменьшится время строительства объекта, минимизируются просрочки, так как благодаря внедренному инструменту сократятся дыры в инвестиционном проекте.

Вследствие использования данного коэффициента, время строительства объекта сократится, что позволит снизить риск задержек и минимизировать простои, так как инструмент поможет устранить пробелы в инвестиционном проекте, что в конечном итоге приведет к ускорению процесса строительства.

Приведенные преимущества инструмента доказывают его важность использования.

Таким образом, использование коэффициента Джини в календарном планировании строительства позволяет повысить эффективность управления финансовыми ресурсами и снизить риски, связанные с неравномерным распределением этих ресурсов. Инструмент становится все более популярным среди специалистов в области строительства и позволяет достичь оптимальных результатов при реализации инвестиционно-строительных проектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кутькова, О. С.* Анализ достоинств и недостатков существующих методов календарного планирования / О. С. Кутькова // Форум молодых ученых – 2018. № 11-1(27). С. 1040-1044.

2. *Михайлова Е.В.* Оптимизация календарного плана на основе использования коэффициента Джини // Материалы международной конференции по инженерным исследованиям 2021 (ICER 2021), Москва, Россия.

3. *Михайлова, Е. В.* Искусственный интеллект как инструмент оптимизации ресурсных графиков / Е. В. Михайлова, В. В. Савина, И. М. Савин // Строительное производство – 2022.

4. *Булгакова О.А.* Развитие методологических подходов к оценке эффективности инвестиционных проектов // Проблемы современной экономики – 2008. № 3 (27).

5. *Пантелеева М.С., Кирпичникова Н.А.* Оценка экономической эффективности инвестиционно-строительного проекта // Политика, экономика и социальная сфера: проблемы взаимодействия - 2016. №3.

*Студент 6 курса 61 группы ИПГС Савин Е.А.
Научный руководитель – доц. каф. ТОСП., канд. техн. наук, доц.
Бродский В. И.*

ПРИМЕНЕНИЯ 4D - МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Успешной реализации современных строительных проектов может способствовать применение 4D – модели. Четырехмерную модель предлагается предусмотреть в составе проекта организации строительства (ПОС) для класса сооружений, относящихся к особо опасным, технически сложным и уникальным объектам, с целью сокращения сроков реализации проекта и контролирование хода строительства.

4D - моделирование позволяет визуализировать процесс проектирования и строительства, определить оптимальную последовательность работ, а также планировать и контролировать производство строительно – монтажных работ.

В настоящее время наиболее широкое применение нашли следующие программы, на базе которых представляется возможным сделать четырехмерную модель: Autodesk Navisworks, Synchro Pro и Bexel Manager. Имеются также отечественные программы, проходящие в данный период бета – тестирование [1,2,4].

При создании календарно - сетевого графика для четырехмерной модели возможно использовать такие программы, как Microsoft Project, Primavera P6, OpenPlan, Project Expert или Spider Project.

Для изучения положительных и отрицательных стороны 4D - моделирования было создана четырехмерная модель возведения одного из корпусов промышленного здания. Работа выполнялась с применением программ Autodesk Navisworks и Primavera P6.

При создании корректного календарно - сетевого графика под цифровую информационную моделей должны соблюдаться следующие условия:

- иерархическая структура работ в календарно - сетевом графике должна быть схожа на структуру разделение элементов в трехмерной модели.

- работы по строительству объекты детализированы до уровня возможной привязки элементов трёхмерной модели к работам календарно - сетевого графика.

- необходимо присвоить каждой работе уникальный код для возможности актуализации фактических сроков проекта в 4D - модели.

- модель будущего объекта должна быть детализирована и иметь необходимые свойства каждого элемента [3,5].

В процессе построения модели возведения здания после загрузки календарно - сетевого графика строительного объекта в программное обеспечение по созданию четырехмерной модели, осуществлялась привязка каждой работы к соответствующему элементу модели. Данный процесс трудоёмкий, но использование внутренних инструментов ПО помогли связать работы с элементами цифровой информационной модели, что позволило упростить процедуру взаимосвязи работ и элементов модели. Далее была проанализирована 4D - модель на предмет несоответствий по срокам и последовательности выполнения работ. При визуализации представляется возможность это наблюдать. Так, например, выполнение работ по устройству кровли должно быть после монтажа прогонов. После завершения всех этапов формирования модели готов к использованию в строительном производстве.

Актуальность применения 4D - моделей в строительстве обусловлена рядом положительных сторон, которые можно выделить на основании созданной модели:

1. Рост выявления ошибок на предмет несоответствия последовательности выполнения работ.
2. Визуализация процесса выполнения строительно-монтажных работ в любой период.

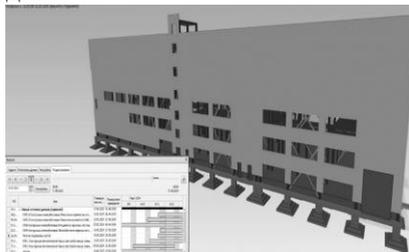
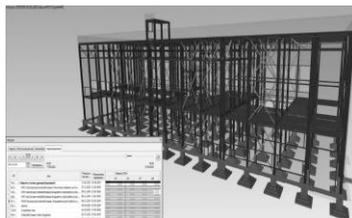


Рис. 1. Плановый прогресс выполнения работ в будущем

3. Сравнение планового и фактического выполнения работ на текущую дату.
4. Предоставление визуальных отчетов для заказчика.
5. Улучшение взаимодействия между участниками строительства.
6. Сравнение выполнения работ на строительной площадке и в модели, выявление несоответствий, которое используется со стороны генподрядчика (технического заказчика) в процессе контроля за ходом строительства и расчёта процента выполнения.
7. При изменении плановых сроков строительства, создание в минимально короткое время новых сценариев реализации проекта.
8. Оптимизация использования материально - технических и трудовых ресурсов.



а

б

Рис. 2. Сравнение прогресса строительства:
 а) Фактический прогресс на строительной площадке
 б) Плановый прогресс в 4D модели

Следует обратить внимание на следующие проблемные вопросы применения 4D – модели в отечественной практике строительства:

1. Существенную трудоемкость при создании 4D - модели.
2. Отсутствие учебной литературы по данному направлению.
3. Отсутствие протестированного отечественного программного обеспечения по созданию 4D - модели.
4. Высокая стоимость программных продуктов, реализующих идеологию 4D -моделирования.

В заключение отметим, что из-за высокого развития и популярности в России цифровых информационных моделей в строительстве, необходимо развивать 4D - моделирование, и включать создание четырехмерной модели в проект организации строительства (ПОС), так как четырехмерная модель имеет весомые положительные стороны и помогает оптимизировать строительный процесс, уменьшает срок реализации проекта до 10%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Primavera Systems, Inc., Primavera® P6™ Project Management Руководство пользователя, 2016. 91-151 с.
2. Autodesk, inc., Autodesk Navisworks Manage 2012 руководство пользователя - 2012. Т. 3. С. 313-426.
3. Организация, планирование и управление строительством: Учебник для вузов. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 528 с.
4. Познахирко Т.Ю., Бунякин С.Н. Активный BIM для оптимизации расположения складских площадок и башенных кранов//Перспективы науки. 2023. № 5 (164). С. 163-166.
5. Синенко С.А., Жадановский Б.В., Познахирко Т.Ю., Подорога Е. Выбор способа производства строительных работ по совокупности технологических карт //Components of Scientific and Technological Progress. 2023. № 5 (83). С. 69-75.

МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В современной практике строительства, не зависимо от назначения строительного проекта, прослеживается общая проблематика, затрагивающая проект в целом, на каждом его этапе. Она заключается в рабочих процессах - уменьшении продолжительности, снижении затрат на строительство, повышении качества получаемых результатов и, как следствие, увеличении прибыли. Иными словами, влияние на основные показатели эффективности [1,3].

Как известно, упомянутые ранее, показатели эффективности не могут существовать отдельно друг от друга. Изменение одного из них приводит к неизбежному изменению остальных.

В данной статье рассматриваются основные аспекты каждого этапа строительного производства, качество реализации которых оказывает наибольшее влияние на взаимодействие всех его участников [2].

Рассмотрим отдельные этапы проекта, и выделим в каждом из них основные стадии.

На этапе составления технического задания на проектирование со стороны заказчика, основополагающим является бюджет. Именно бюджет определяет то, насколько близок этот проект окажется к задумке заказчика [4,5].

Этап проведения инженерных изысканий отличается особенно высокими требованиями к точности проводимых работ. Неполная или неточная информация, собранная в результате этих исследований, может в последствии стать причиной ошибок в проектировании, следовательно, в конечной реализации проекта.

На следующем этапе проектирования выявляются такие проблемы как трудности с координацией между различными проектными подразделениями. Отсутствие эффективных механизмов согласования и взаимодействия между инженерами, архитекторами и другими ответственными специалистами может привести к несовместимости решений и, как итог, увеличению сроков и затрат на исправление ошибок, существенно затруднив работу тем, кто будет иметь с проектом непосредственное отношение в дальнейшем [1-3].

Далее возникает очень важный и закономерный вопрос, кто будет осуществлять строительство и из чего будет построен объект? В процессе поиска ответов, возникают схожие проблемы. Начинается

конкуренция за право стать непосредственным исполнителем строительства и тем, чьи материалы будут использоваться в процессе строительства. Их-за отсутствия четких и объективных критериев отбора подрядчиков и поставщиков могут создаваться условия для коррупционных практик и недостаточной конкуренции. Также возникают проблемы с квалификацией и качеством поставляемых материалов. Недостаточная квалификация и опыт подрядной организации могут сказаться на качестве выполненных работ и соблюдении сроков. А что касается некачественных материалов, они могут существенно повлиять на надежность и долговечность объекта.

На стадии строительства объекта появляются как индивидуальные проблемы, не связанные с другими этапами, а также проблемы, имеющие прямую взаимосвязь с ошибками, совершенными ранее. Например: нарушение графика строительства из-за погодных условий и технических проблем. Погодные условия и неожиданные технические проблемы могут значительно задержать выполнение строительных работ. Из трудностей, которые появляются из-за прошлых ошибок можно выделить внесение изменений в проект в процессе строительства. Это может повлечь за собой не только дополнительные затраты, но и привести к замедлению работ и даже к конфликтам между заказчиком и подрядчиком [4,5]. В таблице 1 отражены упомянутые ранее проблемы и способы возможных решений.

Таблица 1

Методы организации проектной деятельности	
Этапы строительного проекта	Способы решения проблем, рассмотренных на данном этапе
1) Составление ТЗ на проектирование	- Стандартизация процесса формирования ТЗ - Привлечение сторонних заемных средств с целью понимания денежного фонда, а также сохранения итогового качества объекта
2) Проведение инженерных изысканий	- Улучшение технологий инженерных изысканий -Стандартизация методов проведения исследований
3) Проектирование	-Применение BIM-технологий -Разработка графика выдачи заданий и последующей презентации результатов их выполнения

4) Поиск подрядных организаций и поставщиков	-Развитие системы оценки квалификации, опыта а качества, а также внедрение механизмов обратной связи.
5) Этап строительства	- Разработка стандартов для отбора участников проекта. - Разработка и строгое соблюдение стратегии управления временем - Проведение регулярных инструктажей по технике безопасности, соблюдение всех обязательных мер
6) Получение разрешительной документации и ввод в эксплуатацию	-Исследование и внедрение методов оптимизации взаимодействия с государственными структурами -Совершенствование системы контроля и соответствия работ проектной документации, а также регулярное обновление проектных документов -Внедрение системы мониторинга и оценки работы объекта в эксплуатации

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дикман Л.Г.* Организация строительного производства./ Учебник для строительных вузов/М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006 – 608 стр.
2. *Аникин Ю.В.* Проектное дело в строительстве: учеб. пособие/ Ю.В. Аникин, Н.С. Царев. М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. Федер. ун-т – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 124с.
3. *Юдина А.Ф.* Строительство жилых и общественных зданий: учебное пособие/ А.Ф.Юдина. М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 368с.
4. *Ширишков Б.Ф.* Организация, планирование и управление строительством: Учебник для вузов. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 528с
5. *Янчукович С.Г.* Строительное проектирование зданий и сооружений: учебное пособие/ СПбГТУРП.– СПб., 2013. 114с.

Студентка 4 курса 20 группы ИПГС Сизачёва С.А.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук, доц. Д.Д.

Коротеев

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Современный мир неумолимо развивается ошеломляющими темпами, что, несомненно, отражается на всех отраслях как мировой, так и отечественной промышленности. «Индустриальной революцией двадцать первого века», по праву считаются, аддитивные технологии, которые представляют собой метод создания продукции путем послойного сложения материала по данным цифровой модели (CAD-модели). Для печати используется 3D-принтер, который позволяет выводить трехмерные данные, то есть информацию, сразу в трех измерениях, последовательно наращивая физическую модель, как правило, снизу-вверх.

Аддитивные технологии находят всё большее применение в строительной отрасли, предлагая ряд преимуществ, таких как возможность создавать сложную геометрию конструкций, что затруднительно при использовании традиционных методов строительства; экономия материалов, используемых только там, где это необходимо; автоматизация процесса производства и, как следствие, снижение трудозатрат и времени производственного цикла [1, 2].

К сожалению, существенным недостатком и сдерживающим фактором широкого применения аддитивных технологий на территории нашей страны является отсутствие общепринятой нормативной документации на применение этих технологий. Не так давно начавшийся процесс создания нормативной документации и стандартов для аддитивных технологий, сталкивается с рядом проблем, так как пока нет теоретической основы, общих требований, не понятны зависимости одних технологий от других, ощущается нехватка квалифицированных кадров в сугубо инновационной отрасли строительства и нежелание строительных компаний участвовать в разработке стандартов из-за высоких экономических рисков [3].

Одним из выходов в сложившейся ситуации – это разработка организационно-технологической документации, а прежде всего, технологических карт на строительные процессы с применением аддитивных технологий. Технологическая карта ёмко и четко описывает весь производственный цикл процесса, способы, последовательность и сроки выполнения работ, потребность в строительных ресурсах (материалы, оборудование, исполнители).

Технологическая карта, как один из видов организационно-технологической документации, имеет стандартную структуру, включающую область применения с указанием вида работ, информации об объекте и месте строительства, технологию и организацию работ, потребность в строительных ресурсах, указания по технике безопасности и контролю качества, график производства работ и т.д.

Однако, в технологической карте на аддитивный процесс, существуют принципиальные особенности. Так, большое влияние оказывает район строительства (раздел «область применения»). Например, в северных регионах, строительство с применением 3D-печати неблагоприятно по причинам того, что подавляющее большинство 3D-принтеров имеют в своих настройках стартовый контроль температуры (температурный режим работы), при нарушении которого оборудование приходит в негодность.

Также стоит продумать укрытие оборудования от неблагоприятных погодных условий, так как любой 3D-принтер – очень дорогое оборудование, поэтому для сокращения экономических издержек на ремонт, следует предусмотреть варианты укрытия принтера и части здания, в которой еще не схватился материал, от различных видов осадков. Нужно сделать важное уточнение, что укрытия не должны замедлять, нарушать производственный цикл, что, естественно, нужно грамотно отобразить в технологической карте[5].

Раздел «Технология и организация производства работ» раскрывает вопросы доставки и складирования материалов и оборудования, описанием технологии выполнения работ, сопровождаемых технологическими схемами. При использовании строительной 3D-печати возможно применение как минимум 2 организационно-технологических решений, заключающихся в 3D-печати здания или сооружения на строительной площадке или монтаж объекта из сборных элементов, изготовленных с использованием 3D-печати.

В разделе «Потребность в материально-технических ресурсах» раскрываются вопросы применяемого оборудования и материалов для производства работ. На данный момент, производители 3D-принтеров выпускают модели, предназначенные как для работы на строительной площадке, так и для цехового производства.

Состав и свойства основного материала для 3D-строительства – следующий особенный и важный фактор при создании технологической карты, чаще всего используют мелкозернистые смеси. Материалы, традиционно используемые в современном строительстве, такие как бетоны и растворы на основе различных вяжущих, не могут быть использованы в аддитивных технологиях без модернизации их составов. Одним из требований, предъявляемых к материалам для строительной

3D-печати – это тиксотропность. Также акцент при выборе материалов стоит делать на прочность, скорость застывания, набор прочности и пластичности материала, также не нужно забывать и про климатический фактор в данном вопросе [4, 5].

Для каждой определенной модели принтера и его сопла подбирается своя уникальная бетонная смесь, включающая в себя необходимые добавки. Свойства бетона регулируется именно составом смеси – количеством цемента, песка и т.д. В связи с этим, при создании технологических карт, важно учитывать различные виды и состав применяемых материалов, а также их эксплуатационные свойства и возможность применения в различных регионах, имеющих свои климатические особенности.

Подводя итог, можно смело сказать, что отсутствие нормативно-технической базы негативно сказывается на развитии аддитивных технологий в строительстве, и одно из решений, способствующее более широкому внедрению строительной 3D-печати – это разработка технологических карт, которые отражают все особенности и уникальность производства работ, а также являются неотъемлемо частью организационно-технологического проектирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Мухаметзянов, З. Р.* Основы разработки технологических карт строительных процессов по аддитивным технологиям / З. Р. Мухаметзянов, А. В. Каменская // Промышленное и гражданское строительство – 2023. № 4. С. 71-77.
2. *Коротеев, Д. Д.* Применение аддитивных технологий производства в строительстве на примере разработки 3D-модели с последующей печатью / Д. Д. Коротеев, А. И. Коренева // Системные технологии – 2021. № 2(39). С. 21-30.
3. *Москвина, Ю. Н.* Вопросы стандартизации аддитивных технологий в строительстве / Ю. Н. Москвина // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Строительство. Электротехника и химические технологии – 2023. № 4(20).
4. *Баева, Л. С.* Современные технологии аддитивного изготовления объектов / Л. С. Баева, А. А. Маринин // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета – 2014. Т. 17, № 1. С. 7-12.
5. *Познахирко Т.Ю., Бунякин С.Н.* Активный BIM для оптимизации расположения складских площадок и башенных кранов//Перспективы науки. 2023. № 5 (164). С. 163-166.

Студент 2 курса 24 группы ИПГС Тарханян Т.А.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП., канд. техн. наук, доц. Т.К. Кузьмина

ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ОБЪЕКТОВ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

В настоящее время человечество находится на этапе четвертой промышленной революции, именуемой «Индустрия 4.0», что включает в себя такие понятия, как искусственный интеллект, Интернет вещей, виртуальная и дополненная реальность, 3-d печать и т.д. Строительная отрасль, в том числе претерпевает цифровую революцию, включающую в себя внедрение технологий информационного моделирования, среди которых выделяется Building Information Modeling (BIM) [1].

Применение BIM-технологий позволяет оптимизировать не только процесс разработки проектной документации, но и упрощает выполнение строительно-монтажных работ и позволяет производить все виды контроля на строительной площадке, тем самым повышая эффективность реализации проекта [2].

Это связано с рядом причин, среди которых является тот факт, что срок эксплуатации здания может составлять от 50 до 150 лет, а срок службы информационной модели зависит от уровня развития технологий. Также в процессе эксплуатации медицинское учреждение может претерпевать значительные изменения, связанные с изменением функционального назначения помещений, обновлением медицинского оборудования, изменением штатного расписания, а также совершенствованием стандартов.

Однако стоит отметить, что существуют ситуации, когда BIM технологии могут быть весьма эффективны при проведении капитального ремонта лечебных учреждений.

Процесс эксплуатации является не только самым длительным этапом, но и самым затратным. Расходы на содержание здания могут составлять от 30 до 90% от полной стоимости жизненного цикла [3].

Использование BIM-технологий повышает точность измерений при обследовании, и, как следствие, повышает качество проектной документации. Использование информационной модели позволяет достоверно определить износ здания и своевременно произвести ремонтные работы, увеличивая срок эксплуатации здания, а также уменьшая расходы.

Таким образом, вопрос применения BIM-технологий актуален не только для реализации новых проектов, но и для уже существующих на стадии эксплуатации и проведения капитального ремонта [2,5].

Примеры успешного применения технологий информационного моделирования показывают, как можно достичь значительных

улучшений при проведении капитального ремонта. От точных измерений с использованием наземных сканеров и дронов до 5D-моделирования для оптимизации планирования и выполнения работ — BIM демонстрирует свою способность улучшать координацию, снижать риски и повышать общую эффективность проектов.

Таблица 1

Преимущества BIM-технологий

Этапы жизненного цикла	Примеры применения	Преимущества
Обследование	Проведение лазерного сканирования с последующим формированием 3D-модели	Точность и качество обследования
Проектирование	Насыщение 3D- модели дополнительной информацией: проектные решения, сроки выполнения работ, выделение ресурсов	Оптимизация проектных решений, сведя возможности ошибок к минимуму, улучшение координации между участниками проектирования
Строительно-монтажные работы	Формирование 4D-модели, содержащей информацию о сроках проведения работ, и 5D-модели, содержащей информацию о распределении ресурсов	Контроль сроков проведения работ, контроль распределения ресурсов, контроль за организацией взаимодействия ряда документов

Эксплуатация	6D- модель, дополняющийся информацией об оборудовании, финансовых затратах, состоянии конструкций	Повышение эффективности управления и обслуживания, оптимизация затрат на эксплуатацию, улучшенное планирование ремонтов и технического обслуживания
--------------	---	---

ВІМ-технологий представляют с собой мощный инструмент, который позволяет вывести процесс капитального ремонта на новый уровень, повышая эффективность и качество проектов [4].

Таким образом, дальнейшее развитие и внедрение технологий информационного моделирования, является ключевым для достижения цели создания современных, функциональных и безопасных медицинских учреждений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гинзбург А.В., Адамцевич Л.А., Адамцевич А.О.* Строительная отрасль и концепция "Индустрия 4.0": обзор // Вестник МГСУ – 2021. Т. 16, № 7. С. 885-911.
2. *Петров К.С., Швец Ю.С., Корнилов Б.Д., Шелкоплясов А.О.* Применение bim-технологий при проектировании и реконструкции зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона – 2018. № 4(51). С. 173.
3. *Шейна С.Г., Федяева П.В., Оторьян С.А., Соловьев А.Г.* Расчет стоимости полного жизненного цикла на примере здания школы в городе ростове-на-дону // Инженерный вестник Дона – 2023. № 2(98). С. 408-422.
4. *Карякин, Ю. Е., Головкин В. А.,* Концепция bим-технологий: прикладное значение при капитальном ремонте жилых зданий // Математическое и информационное моделирование : сборник научных трудов, электронный ресурс, Тюмень, 18 апреля 2019 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Тюменский государственный университет, Институт математики и компьютерных наук. Том Выпуск 17. – Тюмень: Тюменский государственный университет, 2019. С. 168-184.
5. *Познахирко Т.Ю., Бунякин С.Н.* Активный ВІМ для оптимизации расположения складских площадок и башенных кранов//Перспективы науки. 2023. № 5 (164). С. 163-166.

КОМПЕТЕНЦИИ ИНЖЕНЕРА, ЗАНИМАЮЩЕГОСЯ ОРГАНИЗАЦИЕЙ СТРОИТЕЛЬСТВА

Согласно профессиональному стандарту [1], специалист по организации строительства должен обладать большим количеством знаний и умений для эффективного выполнения своих трудовых функций. Основная цель деятельности инженеров, занимающихся организацией строительства – это организация строительного производства и отдельных видов работ (строительство, реконструкция зданий и сооружений, капитальный ремонт и др.) в соответствии с требованиями законодательства, нормативных актов, а также в рамках договоров с другими участниками строительного процесса.

От деятельности инженера-строителя зависит результативность огромного количества процессов на строительной площадке, начиная от ежедневного планирования выполняемого объема работ и заканчивая оснащенностью всех работ необходимыми ресурсами. Инженер-строитель осуществляет контроль и координацию работ, организуя процессы таким образом, чтобы сохранить заданный темп строительства и создать при этом благоприятные условия для рабочих. Именно поэтому специалистов данной сферы отличает набор определенных компетенций.

Под профессиональной компетентностью инженера-строителя понимается набор характеристик, которые отражают уровень имеющихся профессиональных знаний, умений, навыков и опыта, достаточных для выполнения им должностных функций (рис.1).



Рис. 1. Компетенции инженера-строителя

Проведенный анализ литературы позволил определить несколько блоков компетенций, а именно: производственно-технологические, организационно-управленческие, проектно-конструкторские и научно-исследовательские. Каждый блок имеет внутри себя конкретные знания,

навыки и умения, а совокупность их позволяет сформировать полный портрет специалиста. Пример компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1

Компетенции инженера-строителя

Производственно-технологические	Организационно-управленческие
- проведение работ по возведению, ремонту и реконструкции зданий и сооружений;	- организация коллективной работы;
- осуществление монтажных работ;	- принятие управленческих решений;
- производство строительных конструкций.	- осуществление планирования и контроля.
Проектно-конструкторские	Научно-исследовательские
- проведение инженерных изысканий;	- проведение научных и экспериментальных исследований;
- сбор и анализ научно-технической информации;	- разработка новых научных подходов к организации строительного производства.
- разработка проектной документации.	

Какой же он – современный инженер? В первую очередь, это специалист, который никогда не прекращает свое обучение и идет в ногу со временем, используя все возможности, которые дает ему 21 век. Компетенций, которыми должен обладать инженер-строитель, множество, а именно: глубокие знания и понимание строительных технологий и процессов, умение ориентироваться в различных методах организации и способность выбрать оптимальное решение для выполнения конкретных задач, и одно из которых – умение использовать ряд специальных программ и технологий.

Необходимые программы, которыми должен уметь пользоваться инженер-строитель:

1. AutoCAD – площадка для создания и работы с чертежами;
2. NanoCAD Стройплощадка – популярная отечественная САПР для создания чертежей и работой с ними;
3. Microsoft Project – программа для оптимизации организации строительных процессов;
4. BIMcollab – платформа для обеспечения удобства работы с BIM-моделями;
5. Navisworks – программа для координации файлов и создания модели проектов;

Изучив минимальный пакет программ, любой специалист сможет оптимизировать свою работу и улучшить свои производственные показатели, что в будущем окажет большой вклад в развитии современных строительных и организационных процессов.

Дополнительно, инженер, занимающийся организацией строительства, должен обладать и коммуникативными способностями, так как он активно ведет переговоры и устанавливает взаимодействие с участниками строительства. Без правильного обеспечения связей между архитекторами, генеральными подрядчиками, заказчиком и государственными органами будет сложно получить качественный процесс застройки. Специалист осуществляет свою работу не только с технической стороны, но и с межличностной точки зрения, учитывая интересы и потребности всех сторон. Для овладения этими навыками необходимо понимать правила деловой речи и переписки, которые являются важной компетенцией работника данной сферы [4,5].

Подводя итог, важно сказать, что компетенции инженера, осуществляющего организацию строительства, являются основой, на которую возлагается множество требований и обязательств, благодаря которым производственный процесс может выйти на высокий уровень. Поэтому специалисту важно овладевать новыми ресурсами для обеспечения безостановочного организационного процесса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Профессиональный стандарт «Специалист по организации строительства», утв. приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 21 апреля 2022 года N 231н.
2. *Рудской А.И., Бороков А.И., Романов П.И., Киселева К.Н.* Инженерное образование: мировой опыт подготовки интеллектуальной элиты. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2017. 216 с.
3. *Иванов В.Г., Сазонова З.С., Сапунов М.Б.* Инженерная педагогика: попытка типологии // Высшее образование в России. 2017. №8/9 (215).
4. *Латидус А.А., Козлова А.Ю.* К вопросу расчета состава проектных команд в проектировании промышленных объектов // Строительное производство – 2023, №4. С 65-69.
5. *Козлова А.Ю.* Формирование организационных структур в проектировании промышленного строительства // Строительное производство - 2023, №3. С. 8-13.

Студент 1 курса 22 группы ИДО УПвС Филиппов В.В.

Научный руководитель – проф. каф. ТОСП, д-р техн. наук, проф. Синенко С.А.

ОПЕРАТИВНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ

Оперативное планирование при строительстве промышленных объектов имеет чрезвычайно важное значение, так как позволяет максимально быстро реагировать на изменение различных параметров строительного объекта (изменения условий строительства, изменения в проектной и рабочей документации, отклонения от графиков производства работ и прочее), проводить анализ изменений и выбирать наиболее эффективные способы корректировки хода выполнения строительно-монтажных работ. Методика оперативного планирования состоит в ежемесячном составлении план-задания на месяц с указанием конкретных объемов работ, запланированных к выполнению в каждую смену будущего месяца. Отслеживание выполнения заданий ведется ежедневно, с последующим анализом отклонений фактически выполненных работ от запланированных [1,2].

Роль оперативного планирования при строительстве нефтеперекачивающих станций, как и при другом виде промышленного строительства, а также и при гражданском строительстве, существенна, оно является детальным планированием строительного производства. В связи с тем, что количество нефтеперекачивающих станций, расположенных в труднодоступных районах на значительном удалении от крупных населенных пунктов высоко, работы по их строительству ведутся преимущественно вахтовым методом организации труда. При таком методе организации труда роль оперативного планирования становится еще более значимой, так как необходимо использовать ресурсы (как трудовые, так и технические) максимально эффективно в связи с их ограниченностью и сложностью с их доставки на объект строительства. Также, в данных условиях отсутствует возможность быстрого увеличения какого-либо ресурса (привлечение дополнительного субподрядчика или аренда технических средств), для ликвидации допущенных по каким-либо причинам отклонений от графика производства работ. В связи с чем, роль оперативного планирования работ при строительстве нефтеперекачивающих станций важна [1,2].

Для оперативного управления проектом строительства существуют определенные инструменты, с помощью которых, в той или иной степени, можно управлять строительством объекта [3,5]. Такими

инструментами являются: контроль, ежедневное проведение производственных совещаний (планерок), ведение графиков производства работ. Рассмотрим-данные инструменты[4].

Контроль. Плюсы – максимальная детальность оперативного управления; максимальная достоверность данных (невозможность искажения данных в следствии передачи информации по цепочке «снизу-вверх»); возможность максимально быстро реагировать на отклонения от нормативных или плановых показателей. **Минусы** – большие затраты рабочего времени руководителя, в следствии сосредоточения на одном процессе, что неизменно влечет за собой уменьшение оперативного контроля над остальными процессам.

Данный инструмент оперативного управления рекомендуется применять руководителям низшего звена – бригадирам и мастерам.

Ежедневное проведение производственных совещаний (планерок). Плюсы – получение информации из «первых» рук, что исключает ошибки и неточности; достоверность данных (в случае сомнений в достоверности – возможность лично проверить информацию о ходе выполнения работ); возможность оперативно принимать решения и быстро реагировать на отклонения от нормативных или плановых показателей. **Минусы** – большие затраты рабочего времени руководителей (при возникновении вопросов по ходу выполнения работ к одному из исполнителей, остальные вынуждены присутствовать на совещании)

Данный инструмент оперативного управления рекомендуется применять руководителям среднего звена – производителям работ и начальникам участков.

Ведение графиков производства работ. Плюсы – большой объем статистической и аналитической информации в удобной и краткой форме; возможность оперативно видеть ситуацию на объекте строительства как в целом, так и при необходимости углубляться в детали. **Минусы** – выстраивание такой системы требует привлекать дополнительных специалистов, которые будут собирать статистические данные у непосредственных исполнителей и проводить её анализ.

Данный инструмент оперативного управления возможно применять руководителям всех звеньев, в зоне их ответственности – от главного инженера и руководителя строительства до бригадиров и мастеров.

На рисунке 1 представлена рекомендуемая форма графика выполнения работ.

*Студентка 4 курса 55 группы ИАГ Филиппова Е.В.,
Студентка 4 курса 55 группы ИАГ Кривко А.В.,
Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук Я.В.
Шестерикова*

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ

Искусственный интеллект (ИИ или AI) – это технология, способная имитировать человеческое мышление, обучаться и выполнять различные задачи: распознавание образов, обработка языка, принятие решений и многое другое [1]. В последнее время появление новых алгоритмов и методов машинного обучения подогрело интерес к ИИ во всех областях. Основным его преимуществом является возможность анализа больших объёмов данных из множества источников. Это открывает перед архитекторами и строителями большие перспективы по оптимизации сложных процессов и повышению эффективности их деятельности.

Способы применения ИИ в строительстве на данный момент можно сгруппировать по трём основным направлениям: автоматизация проектирования, управление строительством, анализ данных и прогнозирование. Использование ИИ позволяет не только оптимизировать будущие проекты, но и снизить затраты на эксплуатацию построенных зданий или даже целых городов. Например, в китайском городе Чэнду (проект “Умный город”) и в Сингапуре (“CogniCity”) внедряются похожие по функциям системы, которые анализируют большие объёмы данных о состоянии дорог, мостов и других объектов инфраструктуры для оперативного выявления проблем, управления транспортными потоками и предотвращения чрезвычайных ситуаций [2].

Свои подходы к использованию ИИ сложились в архитектуре. Нейросети могут автоматизировать выполнение многих рутинных задач, таких как создание технической документации, расчеты нагрузок, подбор материалов и компоновка планов. ИИ может анализировать проекты на соответствие нормам и требованиям безопасности, энергоэффективности и устойчивости. Наглядным примером успешного применения ИИ является проект компании Zaha Hadid Architects для стадиона Al Janoub в Катаре. Использование ИИ позволило оптимизировать дизайн конструкции, уменьшив потребление материалов без ущерба для прочности и эстетики [3]. Особенно привлекательными являются генеративные возможности ИИ. Они позволяют вывести на новый уровень набирающее популярность голографическое моделирование в виртуальной реальности или создать

дизайнерское решение на основе заданных параметров и ограничений. Именно в этой сфере участие ИИ является наиболее дискуссионным несмотря на то, что функционал для таких задач разрабатывается уже множеством компаний (Gensler's Diseño Paramétrico, Neural Style, Project Dreamcatcher от Autodesk). В то же время, функция генерации чертежей при помощи машинных алгоритмов уже используется во многих программах для ТИМ-моделирования: от различных экспериментальных инструментов Autodesk до платформы BIMsmith AI, которая автоматически генерирует и оптимизирует ТИМ-модели зданий с учетом различных параметров. Российские разработчики Renga Software создали платформу BIM-старт, которая предоставляет инструменты для проектирования, визуализации и анализа проектов в режиме реального времени.

Прямо сейчас активные исследования и разработки ведутся по всему миру. Появляется всё больше реализованных проектов, в которых потенциал ИИ раскрывается с новой стороны. Например, использование ИИ компанией Uber позволяет оптимизировать процесс доставки материалов на строительные площадки, что сокращает время и снижает затраты на логистику [4].

Вот ещё несколько потенциальных направлений использования ИИ, разработки в которых уже ведутся: прогнозирование изменений климата и учет этих данных при проектировании зданий и сооружений; создание новых материалов и технологий (стоит отметить проект специалистов НИУ МГСУ “Цифровой бетон”, который реализуется в рамках программы “Приоритет 2030” и имеет поддержку со стороны Министерства науки и высшего образования России [5]); анализ данных о строительной отрасли и прогнозирования тенденций развития рынка; автоматическая проверка соответствия строительных проектов требованиям законодательства и стандартов безопасности; моделирование процессов строительства и анализ их влияния на окружающую среду; анализ социокультурных тенденций и предпочтений пользователей, что поможет архитекторам создавать здания, соответствующие изменяющимся потребностям и предпочтениям общества; разработка автономных строительных роботов и 3D-печать зданий в условиях ограниченной доступности ресурсов (например, на других планетах, чем занимается проект AI SpaceFactory). Таким образом, развитие ИИ может оказать влияние не только на строительную отрасль, но и на множество смежных областей.

Мы провели опрос среди студентов 4 курса архитектурного факультета НИУ МГСУ, в ходе которого больше половины опрошенных (53%) заявили, что хотя бы раз пользовались нейросетями для тех или иных профессиональных или учебных целей. Это свидетельствует о том,

что уже на данный момент базовые возможности искусственного интеллекта доступны широкому потребителю и не остаются без внимания в индустрии.

Тем не менее, сейчас использование ИИ в архитектуре и строительстве ограничено рядом факторов. В России одним из главных препятствий является недостаточное финансирование исследований и разработок в этой области. Существует недостаток квалифицированных специалистов и образовательных программ, которые могли бы подготовить кадры для работы с ИИ в архитектуре и строительстве. Кроме того, у ИИ в настоящий момент есть такие общие проблемы как недостаток данных для обучения, стоимость, законодательные ограничения и этические аспекты (в том числе авторское право, проблема приватности и использования персональных данных). Однако, с развитием технологий и увеличением доступности данных, эти препятствия могут быть преодолены, к чему ведёт общемировая тенденция.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вазгич П.* Искусственный интеллект: современный подход. М.: Логос, 2021. 668 с.
2. Uber и AI: как машинное обучение меняет рынок такси // Хабр URL: <https://habr.com/ru/> (дата обращения: 21.02.2024).
3. Цифровой бетон, самовосстанавливающийся асфальт, аддитивные технологии в строительстве и аэродинамическая труба: как НИУ МГСУ участвует в развитии стройотрасли // Приоритет 2030 URL: <https://priority2030.ru/> (дата обращения: 21.02.2024).
4. Туфетулов А. М., Бакулина Л. Т., Хамидуллина Ф. И. Трансформация инструментария управления национальной экономической безопасностью с учетом «новых социальных рисков» // Горизонты экономики. — 2023 — 4(77). — С. 22—27.
5. Artificial Intelligence in Construction Market Size, Competitive Landscape and Trend Analysis Report by Offerings (Solutions, Services), by Deployment Type (Cloud, On-premises), by Organization Size (Small and Medium-sized Enterprises (SMEs), Largeenterprises), by Industry Type (Residential, Institutional commercials, Others): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021–2031. – 2022 — 280 p.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ МОДУЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

С течением времени возникает рост потребности в экономичных, энергоэффективных домах. Для решения данной проблемы необходимо применять инновационные технологии в строительстве. Во всем мире сейчас набирает популярность возведение зданий из модульных блоков.

Модуль – это замкнутая пространственная конструкция, собираемая на заводе-изготовителе из плоских элементов, является структурной частью здания [1]. Модульные блоки могут быть выполнены из различных материалов: бетон, сталь, дерево и пластик.

Впервые понятие «модульного строительства» появилось в 1928 году, дом представлял из себя два врезанных цилиндра. Рассвет модульного домостроения приходится на 50-60-ые годы XX века, во времена развития индустриального строительства из железобетона. В послевоенное время была потребность в быстровозводимом экономичном жилье, этими качествами обладало модульное домостроение. Однако массовое модульное строительство в России было сведено к минимальным показателям. В 2012 году в Воронеже был открыт завод по изготовлению модернизированных блок-модулей. Технология, по которой производятся блок-модули – это бесшовная технология. В наши дни модульное домостроение обладает большим разнообразием и повышенными эстетическими качествами [2].

В многоквартирных модульных домах из железобетона существуют следующие типы модулей: основной крупногабаритный модуль (квартира), крупногабаритный модуль мест общего пользования лифтового узла, модуль эвакуационный лестницы, блок-модуль шахты лифтов, блок многоэтажной системы балконов. Типоразмеры модулей определяются из условий грузоподъемности транспортно-монтажных механизмов, обычно площадь модуля не превосходит 100 м².

В индивидуальном жилом строительстве применяются деревянные каркасные модули с облицовкой из пластмассовых сэндвич-панелей и деревянных СИП-панелей. Под данные модули не требуется массивный фундамент, так как конструкции имеют малый вес, и основание не подвергается большим нагрузкам. На протяжении долгого времени многие страны пытаются решить проблему дефицита жилья, стараясь увеличить скорость строительства и доступность для населения. Существующее сегодня в России модульное строительство не является массовым, но видится многими архитекторами, строителями и

инвесторами, наряду с другими традиционными способами разрешения жилищного кризиса с учетом современных требований по архитектуре и дизайну, комфорту и функциональности, энергоэффективности и экологичности. Отмечается инновационный характер перехода от малообъемных блоков на крупногабаритные блоки высокой и полной заводской готовности [3].

В цепочке организации строительства выделяются следующие основные этапы: инженерно-изыскательские работы, проектные работы, изготовление модулей, транспортировка, монтаж, отделочные работы при необходимости.

С учетом проектных требований производятся такие детали будущего модуля: несущие металлоконструкции; сэндвич-панели для формирования наружных стен; сэндвич-панели для обустройства межкомнатных перегородок; межэтажные перекрытия; элементы наружной и внутренней отделки; кровля; окна и двери.

Также в заводских условиях предусматривается прокладка инженерных коммуникаций [4]. Широко известно строительство малоэтажных зданий, особенно в Японии и Америке. Один из ярких современных примеров модульной застройки – больница в поселении Вороновское, построенная в начале пандемии. Клинику собрали всего за 37 дней - это небывалая скорость, обычно такие объекты строят не меньше года. Китайская компания Broad Group возвела 11-этажный жилой дом в городе Чанша всего за 28 часов и 45 минут. Модули поставляются со всей отделкой и коммуникациями, монтаж на месте требует минимальных усилий. В квартирах используется система кондиционирования, которая очищает весь поступающий воздух, защищая помещения от пыли. Благодаря уникальной основе из нержавеющей стали, разработанной Broad Group, здание способно пережить землетрясения и сильные тайфуны и, по расчётам, сможет простоять до тысячи лет. В стенах — 22-сантиметровый термо- и звукоизолирующий слой, что в 9 раз толще стандартной бетонной стены.

Благодаря оптимизации процесса возведения здания сокращается не только время строительства, это также снижает стоимость. Минимизация команд, задержек и излишек в строительных материалах, которые обычно связаны с проектированием, означает, что выбор модульной конструкции может сократить расходы до 20% [5]. Производство вдали от строительной площадки уменьшает риск травматизма у рабочих. В связи с тем, что большая часть строительного процесса происходит на производстве, модульное строительство позволяет сократить количество отходов, которые попадают на свалки, загрязняя окружающую среду. Становится возможным строительство в разных природно-климатических условиях. К преимуществам

модульного строительства также относится простота разборки модульных зданий для утилизации или транспортировки на новое место и отсутствие в необходимости складов на строительной площадке.

Безусловно, у данного процесса есть и недостатки. Использование модульной конструкции больших габаритов может быть затруднено из-за сложности транспортировки, также появляется необходимость в высокой квалификации монтажников, стропальщиков и такелажников. В отличие от традиционного строительства, где каждый элемент может быть настроен по желанию заказчика, модульные здания имеют более ограниченные возможности для индивидуализации [6]. Раньше к недостаткам модульного строительства относили невозможность возведения высотных зданий, но сейчас, с развитием данной технологии, эта проблема решается.

Данный метод является прогрессивным, постоянно развиваясь, он открывает новые возможности в сфере строительства. Наблюдается повышенный интерес к модульному домостроению, распространение которого существенно облегчает труд людей и имеет массу других преимуществ перед традиционными видами строительства. Он позволяет экономить время на возведение объекта, рабочие не подвергаются опасности, так как практически все процессы автоматизированы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

10. СТО ООО «Комбинат Инновационных Технологий – МонАрх» -2020.
11. Сауков Д. А., Гинзберг Л. А. Современное модульное строительство. // SAFETY2018, Екатеринбург, 2018
12. Пахомова Л.А., Олейник П.П. Комфортное жилье нового индустриального поколения // Строительное производство - 2020. № 2. С. 23–28.
13. Абрамян С.Г., Бурлаченко О.В., Галда З.Ю. Объемные блок-модули как разновидность модульных конструкций быстровозводимых строительных систем // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия : Строительство и архитектура - 2021. № 1 (82). С. 5–13.
14. Олейник П.П. Индустриально-мобильные методы возведения предприятий, зданий и сооружений: монография. М. : Изд-во АСВ, 2021. 488 с.
15. Казаков Ю.Н. Быстровозводимые здания: зарубежный опыт // Стройпрофиль. 2004. № 4.

СЕКЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Студентка магистратуры 2 года обучения 21 группы ИПГС Попова Д.Д.

Научный руководитель – проф. каф. ТОСП, д-р. техн. наук., проф. П.П. Олейник

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В 1927-1929 годах советский архитектор Константин Мельников спроектировал и построил «Дом- контейнер». Идея представляла собой два цилиндра, которые частично врезаны друг в друга.

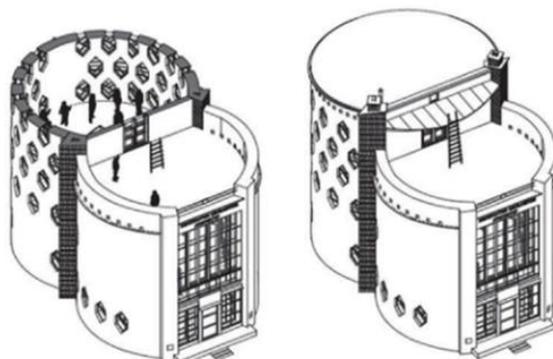


Рис. 1. Дом-контейнер К. Мельникова

Позже, в 1931 году, благодаря архитектору Николаю Ладовскому появилась схема разработки каркасно-блочной концепции жилого здания, которая стала первоосновой для последующего развития комплектно-блочного метода [1-4].

В начале 60-х годов прошлого века в СССР комплектно-блочное строительство жилых домов стало часто применяемый способом возведения зданий. Новый метод возведение жилых домов и социальных объектов начало активно развиваться. В связи с этим зимой 1969 года советом министров СССР было опубликовано постановление «О развитии объёмно-блочного домостроения», которым предусматривалось строительство заводов для объёмно-блочного домостроения в Российской Советской Федеративной Социалистической Республике. Вследствие, на момент 1972 года по

данной технологии были построены жилые дома, высота которых достигала 24 этажей и общая площадь составляла 150 тысяч м².

В результате их многостороннего исследования для массового строительства в СССР были предложены рекомендации и методы реализации следующих видов объемных блоков из железобетона: полноформатные комнаты, санитарные технические узлы, лифтовые шахты, блоки лестничных клеток, лестничные марши и площадки с полной отделкой. Разрабатывались проекты блоков-кухонь с полным оборудованием [5-7].

Сегодня данная технология возведения зданий распространена под новым названием - комплектно-блочное строительство. Положено начало современному и модернизированному производству. Однако принцип возведения остался прежним: строительство домов выполняется из объемных блоков, цикл производства которых полностью осуществляется в заводских условиях.

Стоит отметить, что с течением времени изменились взгляды людей на комфортность и практичность жилого помещения, которые инспирируют внесение изменений в нормативную документацию.

Если в прошлом веке блоки имели около 3 типоразмеров, то в настоящее время производят большое количество блоков, отличающихся друг от друга как размером, так и назначением, и могут быть оптимизированы под любой масштабный проект жилого комплекса.

Особенность технологии состоит в том, что при производстве блоков в заводских условиях, уменьшается влияние погодных условий, повышается качество квартир, значительно сокращаются сроки возведения зданий.

На сегодняшний день изготовление модулей набирает обороты в России [8-10]. Ниже представлены одни из крупнейших компаний.

1. Активно развивается компания «Тверской домостроительный комбинат», площадь которого достигает 40000м², с производственной мощностью до 60000 м² модульных конструкций в год. В будущем компания планируют увеличить производительность до 100000 м² в год.

2. Одними из первых в России возродили комплектно-блочное строительство завод «ВЫБОР-ОБД» в Воронеже. Он функционирует с 2015 года в индустриальном парке «Масловский».

Самыми известными новостройками, возведенными по технологии КБМ, стали жилые комплексы непосредственно в Воронеже:

Жилой квартал «ГРИН ПАРК» — 9 домов, высотой 17 этажей.

Жилой квартал «ОЗЕРКИ» — 14 домов, высотой 17 этажей, сданы 7 домов.

Жилой комплекс «Цветной Бульвар» 11 домов высотой 17 этажей, сданы 8 домов.

3. В Новой Москве в 2023 году запустили комбинат по выпуску модулей квартир, размер которых превышает крупногабаритный тип.

Технологический процесс комбината инновационных технологий «МонАрх» представляет собой новое видение развития индустриального домостроения.

Так как технология производства сверхкрупногабаритного модуля является новой, неизученной до конца, современная нормативная документация не может диктовать требования к изделиям комбината или аналогичной продукции. Под руководством генерального директора группы компаний «МонАрх» был разработан новый свод правил.

Данная компания первые в мире формируют сверхгабаритные ж/б модули с площадью до 100 м², возводит крупногабаритные модули лестничных клеток в заводских условиях, а также создает трехэтажный блок лифтов с полным комплексом оборудования и комплектующих.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Олейник П.П.* Комплектно-блочный метод возведения объектов / Б. Ф. Ширшиков. – Саратов: Вузовское образование, 2019.— 71с.
2. *Олейник П.П.* Создание региональных норм продолжительности строительства зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 10. С. 56-57.
3. *Олейник П.П.* Анализ и разработка норм продолжительности строительства жилых зданий типовых серий // Механизация строительства. 2008. № 2. С. 18.
4. *Дмитриева А.А., Овчинникова Н.А.* Современные методы организации строительства// Новая наука: Теоретический и практический взгляд. 2016. №3 – 1 (69). С. 5-8.
5. *Олейник П.П.* Структурные модули корпоративного сервера приложений .. Управление большими системами: сборник трудов. 2008. № 20. С. 107-132.
6. *Олейник П.П.* Формирование расчетных моделей возведения инженерных сооружений и сетей // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 9. С. 55-56.
7. *Травуш В.И.* Цифровые технологии в строительстве / В.И. Травуш. – Текст: непосредственный // Строительные науки. 2018. № 3. С. 107-117.
9. *Олейник П.П., Манукянц Д.Я.* Анализ и оценка продолжительности строительства жилых зданий в Москве // РЖ 20Т. Экономика строительства. 2007. № 11. С. 55.
10. СП 501.1325800.2021 «Здания из крупногабаритных модулей».

ЦИФРОВИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Опыт цифровизации строительных проектов демонстрирует, что инновации в области технологий способны значительно повысить эффективность строительства и управления недвижимостью.

Благодаря быстрому развитию информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) появляются возможности для улучшения коммуникации между участниками различных организаций внутри строительных проектов.

Одной из главных тенденций в девелопменте является внедрение цифровых технологий BIM/ТИМ (Building Information Modeling), IoT (Internet of Things), AI (Artificial Intelligence) и VR (Virtual Reality), Exon.

Цифровые технологии могут применяться на всех этапах проектирования и строительства (рис. 1).

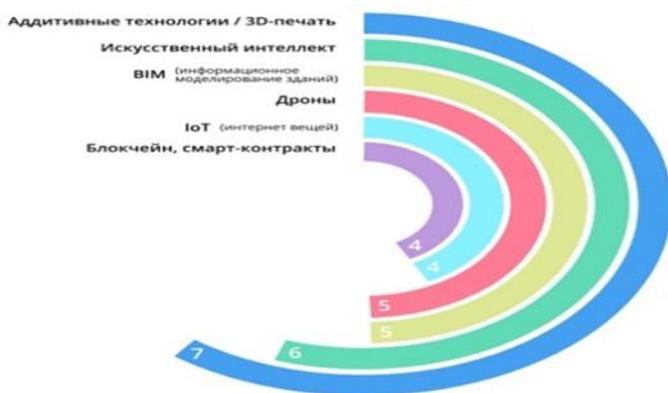


Рис. 1. Рейтинг основных трендов цифровизации в строительстве.

Информационное моделирование зданий (BIM) – это процесс создания информационной модели здания и управления ею на протяжении всего жизненного цикла объекта, начиная с проектирования и заканчивая эксплуатацией и реконструкцией. [1] BIM-модель содержит в себе всю необходимую информацию о здании: архитектурную, конструктивную, инженерную, эксплуатационную, финансовую и др. [5]

Подход BIM (ТИМ) к строительству, основанный на использовании большого массива цифровых данных, существенно меняет работу компаний по проектированию, возведению и управлению различными аспектами строительного процесса. Преимущества BIM безграничны, они обеспечивают более упорядоченные операции, более высокий уровень сотрудничества и меньшие бюджеты.[3]

Exop – облачная платформа, предназначенная для автоматизации строительных процессов и управления ими. Она объединяет всех участников строительства, включая лиц, осуществляющих строительный контроль.

Интернет вещей (IoT) представляет собой крупную технологическую волну, начавшую трансформировать процесс взаимодействия организаций с физическими пространствами. Сочетание технологий BIM и IoT создает интеллектуальные здания и инфраструктуру, которые способны к самоконтролю, самокоррекции и даже расширенному прогностическому анализу.

Слияние BIM с IoT, AI, ML, ГИС, AR, виртуальной реальностью, большими данными и модульными методами строительства не только повышает эффективность и устойчивость строительных практик, но и способствует созданию умных городов и инфраструктуры. Данные разработки представляют собой значительный шаг вперед, однако совершенствование технологий BIM на этом не останавливается, перспективы их развития в будущем являются многообещающими.

Развитие BIM-технологий происходит в нескольких направлениях.

Совместное использование географических информационных систем (ГИС) и BIM является еще одним перспективным нововведением. ГИС предоставляет подробные географические и пространственные данные, в то время как BIM фокусируется на физических и функциональных аспектах сооружения. [2] Благодаря интеграции этих двух технологий профессионалы могут проектировать и строить здания с полным пониманием их окружения и воздействия на внешнюю среду.

Интеграция BIM и ГИС помогает улучшить выбор площадки, проанализировать воздействие на окружающую среду, оптимизировать дизайн здания для обеспечения устойчивости и управлять инфраструктурой в пространственном контексте. Кроме того, это способствует улучшению процессов принятия решений и вносит значительный вклад в устойчивое городское развитие.

BIM постепенно эволюционировал от 3D к 4D (время), 5D (стоимость) и 6D (устойчивость и энергоэффективность). Недавнее

появление 7D BIM, которое включает в себя управление объектами и жизненным циклом здания, произвело революцию в индустрии АЕС.

7D BIM использует искусственный интеллект и машинное обучение для прогнозирования технического обслуживания зданий, затрат на жизненный цикл и возможного вывода конструкций из эксплуатации. Такой подход позволяет обеспечить оптимальную производительность за счет получения более целостного представления о жизненном цикле строительного проекта, повышает долговечность и устойчивость объекта строительства.

Цифровая трансформация строительной отрасли значительно улучшает процессы проектирования, строительства и эксплуатации зданий. Использование цифровых инноваций на сегодняшний день является необходимым условием для повышения эффективности и конкурентоспособности отрасли. [4]

Однако с повышением технологичности и цифровизации строительства возрастает риск кибератак, которые могут привести к потере контроля над важными объектами и системами управления. Соответственно, необходимо обеспечить высокий уровень защиты и безопасности для таких систем и инфраструктуры. Важно проводить регулярную оценку рисков и разрабатывать меры по их уменьшению и предотвращению, а также обучать сотрудников работе с цифровыми технологиями и внедрению мер по защите информации и безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вирицев М.Ю., Власова А.Ю.* BIM-технологии – принципиально новый подход в проектировании зданий и сооружений // Российское предпринимательство. 2017. № 23. Doi: 10.18334/rp.18.23.38610.
2. *Травуш В.И.* Цифровые технологии в строительстве / В.И. Травуш. – Текст: непосредственный // Строительные науки. 2018. № 3. С. 107-117.
3. *Ланидус А.А., Абрамов И.Л.* Системно-комплексный метод реализации строительных проектов // Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 10 (76). С. 39-42
4. *Amjed N. Hasan, Sawsan M. Rasheed.* The Benefits of and Challenges to Implement 5D BIM in Construction Industry // Civil Engineering Journal. 2019. Vol. 5. No. 2. P. 412-421
5. Распоряжение Правительства РФ от 27.12.2021 N 3883-р «О стратегическом направлении в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года» (с изменениями на 13 октября 2022 года)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В настоящее время, в отрасли технологии и строительства значительное увеличение конкурентоспособности связано непосредственно с применением и внедрением современных промышленных технологий. При этом, использование традиционных способов обработки информации не может быть считано более эффективным для работы с огромными объемами данных, производящихся современными строительными компаниями. По имеющейся статистике, более 13% российских организаций уже планируют развивать цифровое моделирование в промышленной области.

Цифровые двойники как особо используемая концепция внедрения виртуальных прототипов реального объекта различными строительными компаниями используется уже более 20 лет и продолжает набирать популярность [1-3]. Однако, на данный момент, строительные компании все более и более сталкиваются с такими проблемами, как:

1. эскроу-счета. В 2012 году вступили в силу принятые изменения в гражданском кодексе, в которых был прописан новый вид соглашения-договора условного депонирования и новая разновидность банковского счета — счет эскроу. Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» от 21 декабря 2013 года №379-ФЗ. Со стороны застройщиков, можно упомянуть то, что строительство будет осуществляться на кредитные деньги и только после сдачи дома в эксплуатацию и выдачи ключей, финансовые вложения поступают сразу же на указанные счета эскроу.
2. В России с 1 января 2022 года действует ГОСТ Р 57700.37-2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения», который дает порядок разработки цифровых двойников, требования к структуре и порядку их сопровождения.
3. Отсутствие связи исполнителей проекта с реальными бизнес-задачами. На этапе разработки не определяются ключевые показатели, достижение которых можно было бы проверить с помощью моделирования. Более того, некоторые предприятия игнорируют важность моделирования процессов, требующих

обязательного мониторинга, тогда как в модель могут быть включены процессы, не важные для физического объекта.

4. Неправильная оценка экономической эффективности цифрового двойника. При проведении оценки зачастую учитываются только первоначальные инвестиции, не учитывая затраты на поддержку цифрового двойника, включая затраты на персонал и обновление программного и аппаратного обеспечения. Учение означает, что можно понять, насколько детализированным должен быть цифровой двойник с учетом затрат на его эксплуатацию и поддержку.
5. Излишняя сложность создаваемых цифровых двойников. Часто они становятся слишком подробными, что приводит к увеличению затрат на их разработку, а также на обновление деталей, которые не приносят ни экономической эффективности, ни сокращения расходов. Более того, слишком сложно анализировать такие цифровые двойники, так как требуется собирать данные с множества датчиков и хранить их в различных форматах. Разнообразие форматов создает путаницу в массиве данных и может привести к неправильному формированию виртуальной модели реального мира.

Любое применение и внедрение новых технологий в строительной отрасли, как правило, сопряжено с большими затратами и с риском. Ко всему прочему, чтобы не отставать от меняющихся ожиданий заказчиков строителям необходимо будет использовать цифровизацию в своей деятельности, чтобы выиграть в конкуренции, и увеличить свою производительность [4-5].

Принимая во внимание, ГОСТ Р 57700.37-2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения», который дает определение цифрового двойника и определяет порядок разработки цифровых двойников, типовые требования к структуре и порядку их сопровождения и т.д. Распространение цифровых двойников в инвестиционно-строительные проекты имеет следующие преимущества:

1. Постоянный обмен реальными данными между строительной площадкой и цифровым двойником обеспечивает оперативное принятие решений всеми участниками проектной деятельности.
2. При сдаче объекта в эксплуатацию достигается прозрачность для заказчика, а данные могут быть использованы для оценки качества реализованного проекта.
3. Сокращение сроков строительства возможно благодаря своевременному реагированию на недостаточный запас материальных ресурсов на складах.

4. Сравнение проектных решений для каждого вида работ и конструкций с уже построенными объектами позволяет сократить ошибки и минимизировать переделки.
5. Реальном времени отслеживание требований по технике безопасности позволяет свести к минимуму риск несчастных случаев на строительной площадке.
6. Использование данных цифрового двойника после сдачи объекта в эксплуатацию обеспечивает своевременное техническое обслуживание.

Специалисты по проектированию и строительству могут применять передовую технологию цифровых двойников для усовершенствования своих производственных процессов, а также для совместной командной работы с целью повышения эффективности обслуживания клиентов и разработки более качественных строительных изделий. Организации в сфере строительства, изучающие и внедряющие развивающиеся технологии цифровых двойников, имеют возможность позиционировать себя как лидеров в данной области, обеспечивая себе долгосрочные конкурентные преимущества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Козлов, П. О., Рогачев Е. С., Шупелев И. Л.* Цифровые двойники в строительстве на фоне развития технологий BIM // Материалы 61-й студенческой научно-технической конференции инженерно-строительного института ТОГУ: Материалы конференции, Хабаровск, 19–23 апреля 2021 года. – Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2021. – С. 275-279с.
2. *Кузнецова, С. В.* Преимущества применения технологии "цифровых двойников" в зарубежном и отечественном производстве // Сборник научных трудов вузов России "Проблемы экономики, финансов и управления производством". – 2019. – № 45. – С. 49-57.
3. *Батова, А. В., Дубровская Т. Н., Пицугин Д. А.* Внедрение цифровых технологий в строительство // Цифровая и отраслевая экономика, 2020, № 1. – С. 108-113.
4. *Шестерикова Я.В.* Стандартизация как основа качества строительной продукции // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 10. С. 63-64.
5. *Борисова Л.А., Абидов М.Х.* Проблемы цифровизации строительной отрасли// Цифровые модели управления предприятием. – 2019.

Студентка магистратуры 1 года обучения 23 группы ИПГС Морозова М.В.

Научный руководитель – проф. каф. ТОСП, д-р. техн. наук. И.Л. Абрамов

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА НЕСВОЕВРЕМЕННОЕ ЗАВЕРШЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Актуальность темы несвоевременного завершения строительно-монтажных работ обусловлена такими факторами, как: 1. Финансовые потери. Задержки в завершении работ могут привести к дополнительным затратам на аренду оборудования, оплату труда, штрафы за несоблюдение сроков выполнения работ и прочие расходы, которые негативно скажутся на финансовом состоянии компании. 2. Юридические последствия. Несвоевременное завершение строительных работ может привести к возникновению юридических споров и претензий со стороны заказчика. 3. Негативное влияние на общий график проекта. Задержки в завершении различных работ могут привести к сдвигам сроков других процессов, что влечет за собой увеличение общей продолжительности строительства.

В данной статье риск рассматривается как потенциальная возможность неблагоприятных ситуаций и связанных с ним последствий [1].

Факторы риска охватывают все этапы жизненного цикла проекта, и многие из них могут возникать на разных стадиях, причем фаза строительства считается наиболее подверженной рискам.

Дестабилизирующие факторы можно разделить на следующие группы:

1. Технологические. В технологические факторы можно включить: ошибки в проектной документации, нарушение технологической последовательности выполнения работ, низкое качество работ.

2. Организационные. Организационными факторами являются: несоблюдение техники безопасности, несвоевременная поставка оборудования или материалов, внесение изменений в последовательность выполнения работ, а также появление непредвиденных работ.

3. Технические. Примером технических факторов является применение изделий и материалов, которые не соответствуют требованиям проекта; поломка строительного оборудования и инструментов, перебои в работе временных сетей, задержка поставки воды или топлива.

4.Трудовые. К трудовым факторам относятся необеспеченность бытовыми условиями, низкая квалификация рабочих, болезни, невыполнение нормы объема работ [2].

На примере трёх циклов строительства объекта рассмотрим подробнее то, как технологические факторы, а именно несоблюдение технологий влияют на несвоевременное завершение строительно-монтажных работ.

Рассматриваемые циклы строительства: подземный, надземный, отделочный.

Подземный цикл строительства включает в себя земляные, бетонные, железобетонные, гидроизоляционные работы, а также монтаж строительных конструкций.

Рассмотрим технологию теплоизоляции фундамента с использованием пенополистирола: В первую очередь необходимо выполнить подготовку и гидроизоляцию. После завершения этих работ можно приступать к монтажу утеплителя. Монтаж утеплителя включает в себя: нанесение клея, крепление тарельчатых дюбелей, крепление пенополистирола дюбелями. Следующими этапами будут оштукатуривание (крепление сетки, нанесение штукатурной смеси) и засыпка фундамента.

Если не соблюдать технологии выполнения работ по теплоизоляции фундамента, то могут возникнуть следующие проблемы: 1. Образование мостов холода в местах соединения фундамента с наружными стенами. Это приведет к образованию конденсации и плесени; 2. Повреждение фундамента, которое может привести к замерзанию грунта под фундаментом и вызвать его деформацию, трещины и другие повреждения.

Надземный цикл включает в себя работы по сооружению каркаса здания, монтажу междуэтажных и чердачных перекрытий, перегородок, стен, лестниц, лифтов, оконных блоков, конструкций крыши, а также сетей и коммуникаций.

Рассмотрим технологию устройства междуэтажного перекрытия: 1. Монтаж опалубки; 2. Армирование конструкции; 3. Бетонирование; 4. Интенсификация и уход за бетоном; 5. Демонтаж опалубки;

Для обеспечения в ходе выполнения работ требований, предъявляемых к бетонным и железобетонным конструкциям, следует проводить входной, операционный и приемочный контроль [3].

Нарушения при выполнении работ по устройству междуэтажных перекрытий могут привести к: трещинам всех видов, оголению арматуры, появлению пустот, дефектам швов бетонирования и в том числе их неправильное расположение.

Отделочный цикл состоит из облицовочных, малярных, штукатурных, обойных работ, а также укладки напольного покрытия.

Рассмотрим подробнее технологию оштукатуривания стен по маякам: Подготовка поверхности, нанесение грунтовки, монтаж уголков, маяков и штукатурной сетки, нанесение раствора, выравнивание штукатурного слоя по маякам, удаление маяков, заглаживание поверхности. Качество производства штукатурных работ должно соответствовать требованиям заказчика [4].

Предварительный анализ методов количественной и качественной оценки факторов риска выявил наиболее распространенные из них: Матрица риска, метод Монте-Карло, теория Демпстера-Шафера, методы принятия решений экспертами (МИА) [5], которые позволят провести ранжирование и определить веса дестабилизирующих факторов.

Направлениями для дальнейших исследований являются:

- математическое обоснование дестабилизирующих факторов во внешней и внутренней средах и комплексное влияние этих факторов на технико-экономические показатели строительного производства

- разработка методики определения эффекта от сокращения влияния дестабилизирующих факторов (по группам) на результаты строительного производства.

Разработанная методика будет внедрена при строительстве многоэтажного жилого здания. Практическими исходными данными для разработки будет служить реализация проекта строительства жилого здания, входящего в состав жилого комплекса, в городе Москва.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Липидус А.А., Абрамов И.Л., Кузьмина Т.К., Абрамова А.И.* Устойчивость деятельности строительных организаций в условиях возникновения факторов риска // Промышленное и гражданское строительство. 2023. №11. С. 97-104.
2. *Нектов В.В.* Риски несвоевременного завершения строительномонтажных работ // Молодой учёный – 2022. С. 115-118.
3. *СП 435.1325800.2018.* Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ.
4. *Липидус А.А., Абрамов И.Л.* Системно-комплексный метод реализации строительных проектов // Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 10 (76). С. 39-42
5. *Абрамов И.Л., Аль-Заиди З.А.К.* Влияние технических рисков на эффективное функционирование строительных предприятий // Вестник Евразийской науки, 2020 №1. С. 1-8.

*Студент магистратуры 1 года обучения 23 группы ИПГС Кольцов К.Ю.
Научный руководитель – проф. каф. ТОСП, д-р. техн. наук. И.Л.
Абрамов*

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

На сегодняшний день монолитное строительство является наиболее перспективной и востребованной технологией возведения зданий и сооружений. Используя технологию монолитного домостроения, можно быстро и в большинстве случаев с наименьшими финансовыми затратами строить здания различной формы и высоты. Благодаря свободной форме заливаемого бетона возможно реализовывать уникальные архитектурные решения. По данной технологии сооружаются все основные несущие элементы: фундаменты, колонны и стены, перекрытия и покрытия. Именно поэтому доля монолитных зданий в общем объеме строящегося жилья неуклонно возрастает.

Строительство зданий из монолитного железобетона – это сложный процесс, требующий множества этапов, ресурсов и времени. В строительной отрасли часто возникают проблемы с соблюдением сроков выполнения работ. Продолжительность строительства – это период времени, начинающийся с подготовительных работ на строительной площадке и заканчивающийся вводом строительного объекта в эксплуатацию. Превышение сроков строительства может вызывать серьезные проблемы, такие как снижение производительности, увеличение затрат труда и времени, а также снижение качества работ.

Цель данной статьи заключается в выявлении дестабилизирующих факторов, оказывающих влияние на сроки выполнения работ и продолжительность строительства [1, 2].

Процесс монолитного возведения включает в себя следующие основные этапы: установка арматурного каркаса, установка опалубки, заливка бетона, при низких температурах – прогревание, контроль состояния бетона, распалубка.

В хоть и простом на первый взгляд процессе бетонирования необходимо строго соблюдать основные условия – тщательное перемешивание, быстрая транспортировка и подача, укладка, уплотнение и квалифицированный уход за бетоном в период его твердения и набора прочности. Для обеспечения качества выполненных работ по монолитному строительству необходимо придерживаться высоких стандартов и следить за каждым этапом. Однако, как показывает практика, готовые монолитные конструкции могут иметь технологические дефекты. Устранение таких дефектов часто требует проведения дополнительных работ и затрат времени, что может привести

к задержкам выполнения других видов работ и, следовательно, увеличению продолжительности строительства объекта в целом [3].

Технологические дефекты в монолитном строительстве могут проявляться по-разному. Их причиной являются ошибки исполнителей работ при подготовке опалубки и арматуры, при укладке и выдерживании бетона. Дефекты обычно становятся видимыми после снятия опалубки [4]. Технологические дефекты можно разделить на три группы [5]:

- **Первая группа** дефектов связана с геометрией возводимых конструкций и является результатом грубых ошибок на стадии установки опалубки и арматуры. Эти дефекты должны быть выявлены до бетонирования путем тщательного геодезического и измерительного контроля в соответствии с нормами по устройству арматуры и приемке опалубки. Например, это может быть «читаемая» арматура – как результат несовпадения толщины защитного слоя бетона и крупности заполнителя используемой бетонной смеси. Или изменение формы железобетонных конструкций, если была плохо закреплена опалубка или проёмобразователь. Недостаточно плотная опалубка может способствовать вытеканию бетонной смеси и появлению раковин и каверн на поверхности бетона, что приводит к ухудшению несущей способности элементов, увеличению проницаемости конструкций и возникновению коррозии арматуры. К этой группе дефектов можно отнести ситуации, когда отсутствуют закладные отверстия или «забыли» сделать проем.

Исправить дефекты первой группы можно при помощи механического удаления испорченных частей конструкции. Для этого часто используют отбойные молотки различных типов. В долгосрочной перспективе необходимо принять меры для предотвращения возникновения подобных дефектов. Это может включать улучшение процесса установки опалубки и арматуры, обучение исполнителей работ и контроль качества.

- **Вторая группа** технологических дефектов связана с ошибками при укладке и уплотнении бетонной смеси. Раковины и каверны также возникают из-за недостаточного уплотнения бетонной смеси при ее укладке в конструкцию опалубки. Основной мерой для предотвращения таких дефектов является обучение работников и строгое соблюдение правил укладки. Однако, когда такого рода дефекты выявляются после снятия опалубки, встает вопрос об их исправлении. При небольших объемах пустот и каверн их исправление выполняется с помощью заполнения растворами.

Помимо видимых дефектов после распалубки могут быть допущены нарушения внутренней структуры бетона, возникшие при вибрировании

уже схватившейся смеси. Такого рода дефекты могут быть отслежены после изготовления конструкций только с помощью сплошного неразрушающего контроля.

- **Третья группа** дефектов связана с ранним замораживанием уложенной бетонной смеси в зимний период, что ведёт к снижению прочности. Конечная прочность на сжатие бетона может достигать 2-3 МПа и менее. Если до бетонирования из опалубки не были убраны лед и снег, то в бетоне возможно возникновение раковин и каверн. Чаще всего такого рода дефекты исправлению не подлежат.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что большая часть проблем, приводящих к увеличению продолжительности строительства, прогнозируема и может решаться путем обеспечения контроля качества выполняемых работ. Кроме того, важным аспектом предотвращения затягивания строительства является разработка эффективных методов и стратегий, направленных на сокращение сроков устранения технологических дефектов. Любой вид дефектов требует особого подхода и способа устранения, поэтому необходимо провести анализ и определить наиболее оптимальные методы для каждого конкретного случая.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Афанасьев В.Ф.* Дефекты в конструкциях в процессе строительства и современные приемы их устранения // Технологии бетонов, 2014 – С. 33-37.
2. *Акимова В.П.* Монолитное строительство - достоинства и проблемы // Евразийский Союз Ученых, 2015.
3. *Гроздов В.Т.* Дефекты строительных конструкций и их последствия. Санкт-Петербург, 2007 – С. 32-34.
4. *Барабанова Т.И., Гучкин И.С., Артюшин Д.В., Попов Д.В.* Инженерные методы восстановления поврежденных конструкций в период строительства железобетонных каркасных домов // Региональная архитектура и строительство, 2008 – С. 103-108.
5. *Рубцов И.В., Трескина Г.Е., Болотова А.С.* Классификация дефектов при возведении монолитных железобетонных конструкций и их влияние на качество // Научное обозрение, 2015 – С. 58

*Студент магистратуры 1 года обучения 21 группы ИПГС Носков В.А.
Научный руководитель – проф. каф. ТОСП, д-р. техн. наук. И.Л.
Абрамов*

ТЕХНОЛОГИЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКЕ

В современном домостроении все большую популярность приобретает технология монолитного строительства в несъемной опалубке, она позволяет проводить реконструкцию и возводить объекты вплоть до 16 этажей, однако наибольшее распространение несъемная опалубка получила в малоэтажном строительстве. Данный метод возведения зданий обеспечивает высокую скорость строительства, экономию материалов, а также позволяет реализовывать архитектурные формы любой сложности.

Технология возведения несущих стен и перегородок с использованием несъемной опалубки сочетает в себе элементы сборного и монолитного строительства [1,2].

Устанавливаемые блоки выполняют функцию опалубки, однако, в отличие от сборно-разборной опалубки, после набора прочности бетоном они не демонтируются, а становятся частью стены, дополнительно выполняя функцию утеплителя и звукоизоляции.

При изготовлении железобетонной опалубки в зависимости от необходимых технологических характеристик возможно добавление специализированных заполнителей, увеличивающих способность конструкции сопротивляться агрессивному природному воздействию [3].

На первом этапе возведения конструкции выполняются работы по монтажу несъемной опалубки на заранее отмеченное место. Конструктивные элементы несъемной опалубки обладают высокой заводской готовностью, что позволяет минимизировать количество брака на строительной площадке и дает возможность осуществлять строительство в более сложных условиях, а благодаря малому весу (2-3 кг) и небольшому объему блоков монтажные работы могут осуществляться как с помощью подъёмных механизмов, так и вручную.

На втором этапе производится армирование блоков. При проектировании конструкции необходимо учесть выполнение горизонтального и вертикального армирования, а также предусмотреть выпуски арматуры из фундамента.

На завершающем этапе осуществляют бетонирование. При данном способе строительства бетонная смесь выполняет роль несущего каркаса стены, а класс бетона определяется в зависимости от расчетной нагрузки и должен быть одинаковым для всего здания (рис. 1).

3. *Декоративная несъемная опалубка (облицовочная опалубка)* представляет собой легкосборные опалубочные модули, состоящие из фасадной (лицевой) и внутренней облицовочных пластин, соединенных специальными элементами. Лицевая пластина может выполняться из различных декоративных материалов, таких как керамогранит или пластик. После установки нескольких модулей внутрь монтируется утеплитель заданной толщины, далее выполняются армирование и бетонирование конструкции.

4. *Опалубка из арболита или цементно-стружечных плит* [5] может выполняться из опалубочных панелей или пустотных блоков из арболита или цементной стружки. Арболит в основном состоит из 90% щепы и 10% бетона, цементно-стружечная плита – наоборот. При данном способе строительства арболит выполняет роль тепло- и звукоизоляции. Главным минусом этого материала является обязательная наружная отделка с повышенными требованиями к гидроизоляции.

Технология монолитного бетонирования в несъемной опалубке является современным, активно развивающимся направлением монолитного строительства. Она может использоваться в сложных ситуациях, когда невозможно применение других технологических решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Теличенко В.И., Терентьев О.М., Лapidус А.А.* Технология возведения зданий и сооружений. Учебник 2-е изд., испр. и доп. / М.: Высш. шк., 2004. – С. 333-342.

2. *Абрамов Л.И., Абрамов И.Л.* Моделирование технологических процессов строительства малоэтажных жилых зданий // Жилищное строительство - 2007. № 5. С. 2–5.

3. *Антилов С.М.* Опалубочные системы для монолитного строительства / Издательство Ассоциации строительных вузов. Москва. 2005, с. 142-144.

4. *Леонтьев С.В., Шаманов В.А.* Организация и производство опалубочных и арматурных работ / Издательство Пермского национального исследовательского Политехнического университета 2020, с. 79-82.

5. *Свицков А.П.* Возведение жилых зданий в несъемной опалубке из цементно-стружечных плит / Жилищное строительство. - 2018. - № 5. - С. 34-39.

Студент 4 курса 12 группы ИПГС Гиб А.С.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. экон. наук, доц. И.Н. Дорошин

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

В данной статье рассмотрена актуальная тема устройства монолитных железобетонных конструкций в зимних условиях. Статья рассматривает ключевые аспекты строительства в зимний период. Проанализированы современные технологии в данной области, особое внимание уделяется защите конструкций от низких температур и обмерзания. Обсуждаются вопросы контроля процесса затвердевания бетона в холодное время года с помощью систем поддержания тепла и изоляции. Подчеркивается необходимость учитывать погодные условия и принимать меры предосторожности.

Основная цель зимнего строительства - обеспечить возможность продолжения работ в течение всего года, несмотря на неблагоприятные климатические условия. Хорошо организованный процесс под грамотным управлением позволяет сократить сроки выполнения работ, сохранить и улучшить качество конструкций, а также снизить затраты на строительство.

В данной статье рассматриваются основные принципы и методы зимнего строительства, а также приводятся рекомендации по организации работ в условиях низких температур. Важным аспектом зимнего строительства является безопасность работников и сохранность материалов.

Цель данной работы предоставить практические рекомендации и помощь при подготовке к проведению строительных работ в зимний период и рассмотреть меры предосторожности, которые необходимо принимать во время зимних строительных работ, а также вопросы по защите конструкций от негативного воздействия погодных факторов.

При строительстве монолитных конструкций в зимние месяцы необходимо учитывать выбор материалов, которые обеспечат надежность и долговечность конструкции. Особое внимание следует обратить на выбор цемента и добавок к нему. В зимний период рекомендуется использовать цемент специальных марок, которые обладают повышенными характеристиками прочности и способны сохранять свои свойства при низких температурах [1, 2].

Также важно использовать добавки, улучшающие работоспособность раствора и повышающие его прочностные характеристики при низких температурах. Например, добавка, нейтрализующая отрицательное

воздействие замерзания воды внутри бетона или снижающая время его затвердевания при низких температурах.

Для поддержания оптимальной температуры внутри формовочных поверхностей и самих конструкций необходимо организовать теплоизоляцию строительной площадки и обеспечить возможность поддерживать оптимальную температуру до полного затвердевания бетона.

Это может быть достигнуто с помощью установки теплоизоляционных материалов на формовочные поверхности, использования специальных пленок или полива бетона теплой водой. Также могут применяться нагревательные системы, которые поддерживают нужную температуру внутри конструкций [3, 4].

Процесс затвердевания бетона в зимние месяцы может быть затруднен из-за низких температур. Для обеспечения качественного и равномерного затвердевания необходимо контролировать и поддерживать оптимальную температуру бетона в течение всего процесса.

Для этого может применяться прогрев бетонных конструкций с помощью специальных систем поддержания тепла, таких как электрические нагревательные элементы или паровые системы. Также может использоваться изоляция и укрытие конструкций для удержания и сохранения тепла, необходимого для затвердевания бетона.

Прогрев бетона проводом ПНСВ является одним из самых эффективных и безопасных способов. При прохождении тока через провод ПНСВ выделяется тепло, нагревая смесь. Расход – в среднем 60 м на 1 м³ бетона. Этот провод часто используется как напольный обогреватель в частном секторе [5, 6].

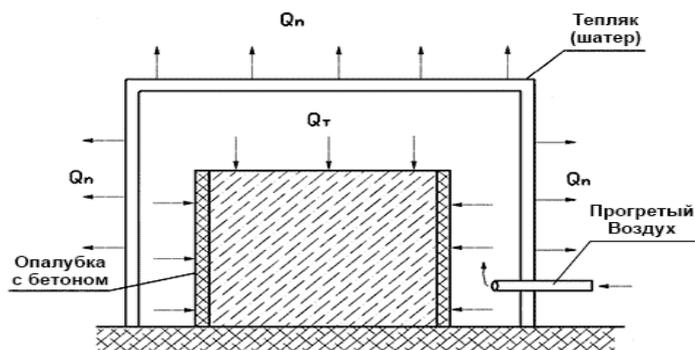


Рис. 1 Схема выдерживания бетона в «тепляке».

Строительство монолитных железобетонных конструкций в зимних условиях требует дополнительных усилий и внимания к ряду особенностей. Выбор правильных материалов, организация теплоизоляции, особенности армирования, управление процессом затвердевания бетона и учет погодных условий являются ключевыми аспектами в успешном выполнении таких строительных работ. Соблюдение соответствующих рекомендаций и правил позволит обеспечить надежность, качество и долговечность монолитных железобетонных конструкций даже в зимних условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шишкунова Д.В., Дорошин И.Н., Казарян Р.Р.* Организационно-технологические решения управления процессом снижения себестоимости строительства в монолитном домостроении // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2022. № 9 (1057). С. 26-29.
2. *Аветисян Р.Т., Андреева П.И., Дорошин И.Н., Погодин Д.А., Казарян Р.Р.* О некоторых аспектах выбора организационно-технологических решений при строительстве зданий из крупногабаритных модулей // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2023. № 5 (1065). С. 20-28.
3. *Забелина О.Б., Леонов Д.В.* Совершенствование процессов зимнего бетонирования монолитных строительных конструкций // Перспективы науки. 2019. №11 (122). С. 10-14.
4. *Дорошин И.Н., Синенко С.А., Гергоков И.Х.* Обобщение опыта выбора организационно-технологических решений при возведении зданий, Журнал "Инженерный вестник Дона", № 12, 2020
5. *Дорошин И.Н., Драгич М.* Особенности энергоэффективности и зарубежный опыт применения энергоэффективных фасадных систем в жилищном строительстве. Журнал "Инженерный вестник Дона", № 6, 2022
6. *Синенко С.А., Дорошин И.Н., Гнатусь М.А.* Совершенствование подготовки исполнительной документации по возведению зданий и сооружений в современных условиях // Инженерный вестник Дона. 2020. № 2 (62). С. 3.

Студентка 4 курса 12 группы ИПГС Кожанец П.А.,

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. экон. наук, доц. И.Н.

Дорошин

МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Железобетонные конструкции занимают весомую часть нашей строительной среды, обеспечивая прочность, долговечность и универсальность в проектах. Однако, все эти конструкции со временем подвергаются различным воздействию окружающей среды, старению и использованию, поэтому обследование железобетонных конструкций играет важную роль в обеспечении безопасности и надежности сооружений.

Обследования железобетонных конструкций необходимо для обеспечения безопасности и надежности сооружений. В процессе эксплуатации возможны деформации и повреждения, которые могут привести к потере прочности и угрожать жизни и здоровью людей. Методы обследования позволяют выявить проблемы заранее и принять различные меры по их устранению.

Техническое обследование железобетонных конструкций проводится на основе СП 13-102-203 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений» и заключается в предварительном осмотре сооружения, детальном (инструментальном или лабораторном) обследовании и дальнейшим выявлении дефектов на основе проделанной работы.

Техническое обследование железобетонных конструкций зданий и сооружений проводится в различных случаях [1, 2], например, первичное обследование сооружения, периодическое техническое обслуживания, или постоянный режим мониторинга для уникальных зданий.

Первый этап – предварительный осмотр сооружения, включает в себя: обзор документации, посещение объекта, визуальный осмотр, взятие проб для обследования. Все данные документируют, на основе этих данных проводят анализ оценки состояния.

Визуальными недостатками могут быть нарушения геометрии, присутствие трещин и сколов, дефекты защитного покрытия, коррозия, разрывы в арматуре и другие дефекты. Трещины – это самый распространенный вид дефектов железобетона. Трещины образуются при монтаже и транспортировке, а также под действием напряжения или различных эксплуатационных нагрузок [3-4].

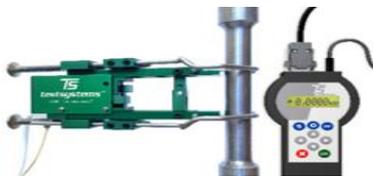


Рис. 1. Трещина, вызванная плохой вибрацией бетона и дальнейшим проникновением воды в нее.

Второй этап – детальное обследование конструкций, представляющее собой процесс, включающий использование специализированных приборов и оборудования для оценки состояния и характеристик здания или инфраструктуры. Эффективным методом контроля деформаций и трещин является использование датчиков перемещений. Эти датчики, такие как дифференциальные трансформаторы (LVDT) или экстензометры, прикрепляются к стратегически важным местам на конструкции, измеряют смещение или удлинение определенных точек или участков и предоставляют данные о величине и направлении деформации.



a



б

Рис. 2. Датчики перемещения: *a*) LVDT; *б*) экстензометр.

Для исследования защитного слоя и выявления дефектов в железобетонных конструкциях применяются различные инструменты. Например, магнитный метод контроля с использованием ИПА-МГ4, который способен определить ось арматурного стержня, диаметр арматуры при известной величине защитного слоя, а также измерить величину защитного слоя до 10 см при известном диаметре (рис.3., *a*).

Еще одним распространенным дефектом конструкций является коррозия, представляющая собой электрохимический процесс. Для анализа коррозии использует метод измерения потенциала, позволяя обнаруживать и производить разносторонний анализ очагов коррозии в железобетонных конструкциях (рис.3., *б*).



а

б

в

Рис. 3. а) ИПС-МГ4, б) анализатор коррозии Profometer Corrosion, в) облако точек лазерного сканирования

Для получения более точных и быстрых результатов необходим метод лазерного сканирования [5]. Лазерные лучи проходят до целевой точки, затем отражаются обратно к источнику, где собираются некоторые данные о «сканированной» целевой точке. Таким образом создают трехмерную модель с избыточным значением точек (рис.3., в).

В заключение, обследование железобетонных конструкций является важным этапом в обеспечении безопасности и надежности сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 31937-2011 Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
2. Пахомова Л.А., Жадановский Б.В., Дорошин И.Н. Способы временного крепления конструкций зданий при усилении и реконструкции фундаментов // Перспективы науки. 2023. № 6 (165). С. 78-83.
3. Дорошин И.Н. Курбанов О., Ким О. Проблемы обследования монолитных железобетонных конструкций. Сборник докладов научно-технической конференции «Дни студенческой науки» МГСУ, 2023 г.
4. P. Oleynik, R. Kazaryan, I.Doroshin, E.B. Tregubova Aspects of Heuristic Method of Forming and Assessing the Plan of Contractor Works, «REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA», 3ª época. Año 15, № 42, 2024
5. ZabelinaOB Application of non-destructive methods of control within the inspection of concrete structures E3S Web of Conferences 258, 09007 (2021) UESF-2021

*Студент магистратуры 1 курса 22 группы ИДО Киселев К.В.
Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. экон. наук, доц. О.Б.
Забелина*

ВЫБОР МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

При выполнении обследований зданий и сооружений очень часто возникает необходимость в проведении детального обследования строительных конструкций.

Сплошное обследование, в рамках которого выполняется детальное обследование конструкций, осуществляется в следующих случаях [1]:

- При отсутствии проектной документации;
- При обнаружении дефектов конструкций, выявленных при визуальном обследовании;
- При проведении реконструкции здания с увеличением нагрузок на несущий каркас реконструируемого здания;
- Выведение объекта капитального строительства из состояния «Консервация».

Одной из целей обследования является строительно-техническая экспертиза. Строительно-техническая экспертиза – установление в процессе контроля градостроительной деятельности соответствия объектов экспертизы обязательным требованиям нормативных правовых актов РФ, технических регламентов [2].

Если при проведении обследования строительных конструкций в рамках строительно-технической экспертизы обязательно определение прочностных характеристик конструкций несущего каркаса в соответствии с требованиями нормативно-технической документации (в ходе выполнения экспертиз требования методик должны неукоснительно соблюдаться), то при проведении обследований зданий такие требования не являются обязательными (детальное обследование может выполняться в случаях, когда по результатам визуального обследования полученных сведений недостаточно [3]).

При обследовании металлических конструкций в здании основным показателем, характеризующим их несущую способность, является марка стали, а также прочность соединений металлических конструкций (болтовые или свариваемые). В ходе обследования данные показатели допускается определять с помощью двух основных способов, являющимися методами неразрушающего контроля: визуально-инструментальный для определения качества сварных соединений (для этого способа применяется комплект визуального и измерительного контроля) [4] и оптико-спектральный химический анализ металлов для определения марки стали [5].

Методика выполнения обследований требует определять прочность бетона в соответствии с нормативно-технической документацией [1], регламентирующей выполнение испытаний, осуществляемых в рамках операционного контроля при возведении зданий и сооружений (ГОСТ 22690 [6], ГОСТ 17624 [7]).

Проблематика применения данных методик испытаний для обследования железобетонных конструкций следующая:

1. ГОСТ 22690 регламентирует применение различных способов неразрушающего контроля? но также обязывает использовать прямой неразрушающий метод (отрыв со скалыванием) с целью привязки косвенных методов с целью построения градуировочных зависимостей.
2. Определение прочности бетона методом отрыва со скалыванием, хоть и является неразрушающим методом, но классификация данного метода весьма условна, так как при проведении испытания, происходит вырыв определённой части бетона на контролируемом участке, что в свою очередь приводит к уменьшению рабочего сечения тонкостенных или отдельно стоящих конструкций малого сечения [8].
3. Для применения отрыва со скалыванием требуется подготовка участков, площадь которых значительно превышает площади, необходимые для определения прочности косвенными методами.
4. В требованиях к определению прочностных характеристик, на который ссылается методика выполнения обследований, указано, что поверхности участков, подлежащих испытаниям, должны обладать достаточно ровной поверхностью. При обследованиях действующих зданий, конструкции которых часто находятся под отделочными слоями, выполнить данное требование весьма затратно, а порой даже невозможно.
5. ГОСТ 17624 (в редакции 2021 года) подразумевает только определение скорости распространения ультразвука с обязательной привязкой к прямому неразрушающему методу. Отсюда вытекают проблемы, отображённые выше. В новой редакции использование универсальных градуировочных зависимостей не допускается.

По сравнению с методиками испытаний, использующихся при определении прочностных характеристик металлических конструкций, методики определения прочности бетона неразрушающими методами являются неразрушающими весьма условно, так как выполнение испытаний, согласно их требованиям, приводит к незначительным разрушениям бетона на контролируемых участках.

Для решения данной проблемы необходима разработка методики определения прочности железобетонных конструкций косвенными неразрушающими методами, выполняемых в рамках обследования, с предварительным набором статистических данных (таких как корреляция косвенных методов к прямым методам неразрушающего контроля, градуировочные коэффициенты) с учётом различных условий, таких как:

- возраст бетона;
- условия производства железобетонных конструкций;
- условия эксплуатации конструкций;
- дефекты, возникшие в ходе производства и эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 ФГУП КТБ ЖБ. СП 13-102-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений– 2003 – п. 8.1.1, п. 8.3
- 2 *Вершинина О.С.* Практическое пособие строительного эксперта – 4-е изд – М.: Компания Спутник+, 2007. – 835 с. – С. 16-17.
- 3 *Забелина О.Б., Леонов Д.В.* Совершенствование процессов зимнего бетонирования монолитных строительных конструкций // Перспективы науки. 2019. №11 (122). С. 10-14.
- 4 ВНИИНМАШ. ГОСТ Р ИСО 17637-2014. Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением. 2016
- 5 Закрытое акционерное общество "Институт стандартных образцов". ГОСТ Р 54153-2010. Сталь. Метод атомно-эмиссионного спектрального анализа. 2012
- 6 Структурное подразделение АО "НИЦ "Строительство" НИИЖБ им. А.А.Гвоздева. ГОСТ 22690-2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. 2016
- 7 Структурное подразделение АО "НИЦ "Строительство" НИИЖБ им. А.А.Гвоздева. ГОСТ 17624-2021. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. 2022.
- 8 Zabelina O B Application of non-destructive methods of control within the inspection of concrete structures E3S Web of Conferences 258, 09007 (2021) UESF-2021

Студентка магистратуры 1 года обучения 22 группы ИПГС Зобнина Ю.С.

Научный руководитель - доц. каф. ТОСП, канд. экон. наук, доц. И.Н. Дорошин

МЕТОД ОБСЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Конструкции из металлических материалов применяются в современном строительстве повсеместно. Они широко используются как в промышленных, так и в гражданских зданиях и сооружениях. Для исключения появления чрезвычайных ситуаций и увеличения срока службы конструкций необходимо проводить обследования, направленные на выявление опасных повреждений [1-6].

Дефекты различных металлических конструкций могут возникать по нескольким причинам: неправильная эксплуатация зданий, нарушение технологии производства работ, ошибки при проектировании и конструировании, брак при изготовлении конструкции или ошибки монтажа. Все эти причины могут вызвать необратимые последствия для всего здания в целом [1-4].

Наиболее «опасными» местами в металлических конструкциях являются узловые соединения и сжатые элементы [1-4].

К дефектам металлических конструкций относятся: некачественные сварные швы (их увеличение или уменьшение, непровар и т.п.), деформации элементов конструкции, недопустимый прогиб, трещины, смещение элементов от проектного положения, коррозионные разрушения, отклонение размеров сечений от проектных [1-6].

При проведении обследования металлической конструкции в первую очередь уделяют внимание наиболее уязвимым местам.

Авторы Кочнев Н.И. и Чумак М.В. в своих трудах приводят методы и этапы обследования конструкций. Первым этапом является предварительное обследование конструкций, которое позволяет дать оценку технического состояния и сделать вывод о необходимости проведения второго этапа - детального обследования [5].

При детальном обследовании уточняются все прочностные и деформативные характеристики металла конструкции. Производится сбор необходимых входных данных для проведения расчета. Такое обследование может быть сплошным или выборочным. Это зависит от характера повреждений и количества конструкций, находящихся в неудовлетворительном состоянии. Оценка повреждений проводится в соответствии с СП 16.13330.2017 Стальные конструкции и СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции [5].

Для обследования металлических конструкций существуют такие приборы как: твердомер - определяет твердость и прочность металла; магнитографический, гаммаграфический или ультразвуковой

дефектоскоп - качество сварных швов, индикаторы рН - степень коррозии; прогибомер - размер прогиба [5]. Для определения толщины металлических строительных конструкций используют различные измерительные устройства (Рис. 1) [6].

Лабораторные методы обследования подразумевают собой сбор образцов с конкретного здания. Особенно востребованным такой метод является при аварийном состоянии. Пробы металла вырезают непосредственно с дефектных конструкций [2].

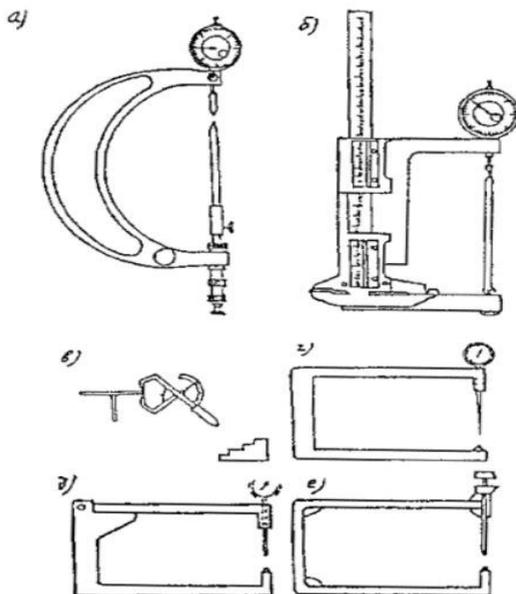


Рис. 1. Приборы для измерения толщины стальных элементов конструкций. а) Микрометр; б) Штангенциркуль со стрелочным индикатором; в) Механический толщиномер; г) Коррозионно-метрическая скоба; д) скоба с раскрывающейся рамкой; е) раздвижная скоба. [6]

При проведении обследования также необходимо особое внимание уделять конструкциям, которые находятся под воздействием высоких температур, в среде агрессивных химических веществ, подвергаются динамическим нагрузкам. Эти факторы могут послужить катализатором перехода конструкции в неудовлетворительное состояние [1].

Для каждого вида конструкции характерны свои уязвимые места. В колоннах, например, такими местами являются узлы крепления к фундаментам, места опирания подкрановых балок и места технологических проездов. Наиболее распространенным дефектом подкрановых балок являются трещины в швах и стенках. Это связано с

тем, что балка подвергается большим механическим и вибрационным нагрузкам [1].

Выбор методов и программ обследования конструкции зависит от степени ее повреждения, специфики работы и эксплуатации, проектных и конструктивных решений, вида конструкции.

Проведение обследования необходимо сразу после обнаружения того или иного изъяна элементов. В этом случае проведение ремонта или усиления конструкции может обойтись минимальными силами, а опасный и аварийный фактор будет исключен. Современные технологии позволяют достаточно быстро определить и устранить не только видимые разрушения, а также скрытые дефекты. Контрольные мероприятия - необходимая процедура, способствующая исключению чрезвычайных ситуаций на объекте. Регулярность ее проведения поможет увеличить срок службы металлических конструкций и позволит не допустить перехода здания в аварийное состояние [1-6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гусева К.Б.* Особенности проведения обследования металлических конструкций// Научный журнал - 2019, 5 (39), с. 23-25.
2. *Сысоева С.А., Четвергова М.М.* Обследование металлических конструкций// Международный студенческий строительный форум - 2018 (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова) - 2018, 2, с. 96-100.
3. *Митрофанова И.П.* Различные методы обследования металлических конструкций// Научно-исследовательский центр «Technical Innovations» - 2023, 19, с. 127-132.
4. *Матлин М.М., Казанкин В.А., Казанкина Е.Н., Капинослова А.В.* Неразрушающий контроль предела прочности металла при срезе// Известия волгоградского государственного технического университета, 2020, 10 (245), 35-38.
5. *Вершинина О.С.* Практическое пособие строительного эксперта – 4-е изд – М.: Компания Спутник+, 2007. – 835 с. – С. 16-17.
6. *P. Andreeva, I. Doroshin, B. Jadanovskiy and R. Kazaryan* Aspects of evaluation of the economic efficiency of using information modeling technology in the organization of construction production. E3S Web of Conferences 376, 05028 (2023).

Студентка магистратуры 2 года обучения 21 группы ИПГС Морозова В.И.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. экон. наук, доц. Е.В. Михайлова

ВЫБОР СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ

Непрерывное увеличение объемов монолитного строительства вызывает необходимость повышения производительности труда и снижения трудоемкости бетонных работ при их выполнении на основе широкого внедрения индустриальных методов строительного производства и средств комплексной механизации. [3, 5]

При строительстве объектов ключевым фактором является применяемая технология. Она напрямую влияет на продолжительность и стоимость строительства и должна быть обеспечена строительными машинами и оборудованием.

Существует несколько самых часто используемых способов подачи бетонной смеси при возведении монолитных многоэтажных зданий: по схеме «кран-бадья»; стационарный бетононасос; автобетононасос. [2]

Целью написания данной статьи является повышение производительности труда и снижение трудоемкости производства бетонных работ, а также экономической эффективности, при возведении 24-х этажного монолитного жилого дома за счет обоснованного выбора схемы подачи бетонной смеси.

В качестве объекта исследования было выбрано 24-х этажное жилое монолитное здание, расположенное в г. Москва.

Для подачи бетонной смеси в конструкции здания были рассмотрены два варианта средств механизации:

1 вариант – башенный приставной поворотный кран MITSUBER MCT60FR. Характеристика крана: высота подъема крюка – 110 м; вылет стрелы – 45 м; грузоподъемность при максимальном вылете стрелы – 1,5т [3].

2 вариант – бетононасос Schwind Stetter SP1800. Характеристики бетононасоса – производительность – $65\text{м}^3/\text{час}$; высота подачи – 120 м; диаметр бетоновода – 125 мм [3].

Для сравнение различных схем бетонирования конструкций были определены затраты труда на 1м^3 монолитных перекрытий. Объем перекрытия каждого этажа составляет 154м^3 .

Для определения трудозатрат на подачу бетонной смеси различными средствами механизации необходимо использовать норму времени для рабочих. Также к нормам затрат труда рабочих применяются коэффициенты, учитывающие увеличение высоты при производстве бетонных работ [1].

Трудоемкость подачи бетонной смеси к месту укладки на каждом этаже определяется по формуле:

$$\text{Тр.} = \frac{V_{\text{бет.}} \cdot N_{\text{вр.}}}{t_{\text{см.}}}, \text{ чел.-дни} \quad (1)$$

где $V_{\text{бет.}}$ – объем бетонной смеси, м³;

$N_{\text{вр.}}$ – норма времени на подачу бетонной смеси, чел.-час;

$t_{\text{см.}}$ – продолжительность рабочей смены (8 часов).

Продолжительность подачи бетонной смеси на каждый этаж определялась по формуле:

$$\Pi = \frac{\text{Тр.}}{N \cdot n_{\text{см.}} \cdot n_{\text{зв.}}}, \text{ дней} \quad (2)$$

где N – количество рабочих в смену (2 человека);

$n_{\text{см.}}$ – принятая сменность работ (2 смены);

$n_{\text{зв.}}$ – количество звеньев (6 звеньев).

Продолжительность подачи бетонной смеси на все 24 этажа здания с помощью башенного крана по расчету составила 360 дней.

Таблица 1

Подача бетона с помощью башенного крана в бадьях

Высота подачи, м	Трудоемкость, чел.-дни	Продолжительность, дн.
до 6 (1-2 эт.)	160,47	7
от 7 до 15 (3-5 эт.)	328,31	14
от 16 до 35 (6-11 эт.)	341,44	15
от 36 до 55 (12-18 эт.)	367,71	16
от 56 до 72 (19-24 эт.)	393,97	17
Итого:		360

Трудоемкость подачи бетонной смеси с помощью автобетононасоса к на каждом этаже рассчитывалась по формуле (1), норма времени определялась по [1]. Продолжительность подачи бетонной смеси на каждый этаж находилась по формуле (2) и составила на все 24 этажа здания 169 дней.

Также рассмотрим комбинированный способ подачи бетонной смеси, при котором до 11-го этажа используется башенный кран, а дальше до 24-го этажа применяется автобетононасос. При комбинированном варианте продолжительность подачи бетонной смеси на все 24 этажа здания составила 250 дней.

Результаты расчета наглядно продемонстрированы в виде графика зависимости трудоемкости от высоты подачи бетонной смеси для каждого способа бетонирования конструкции. (рис.1).

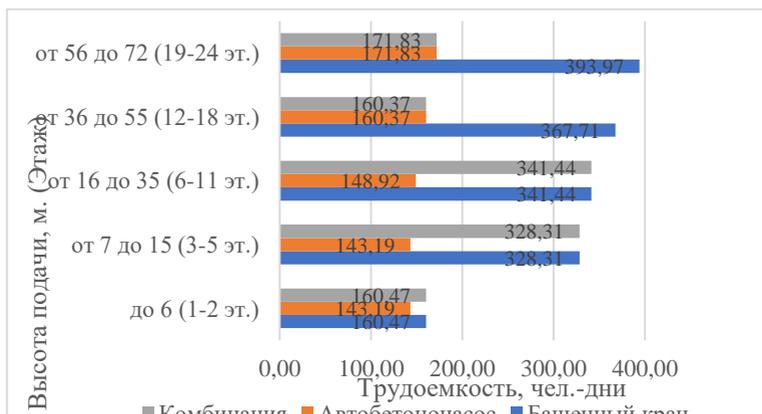


Рис.1. График зависимости трудоемкости от высоты подачи бетонной смеси

Благодаря графику наглядно видно разницу в различных способах укладки бетонной смеси. Можно сделать вывод о том, что наиболее оптимальным методом подачи бетонной смеси является комбинированный способ, до отметки 11-го этажа бетонная смесь подается башенным краном в поворотных бункерах, а выше до 24-го этажа – автобетононасосом. В данном случае увеличение стоимости работ, связанное с применением автобетононасоса, будет компенсироваться экономическим эффектом от сокращения сроков строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГЭСН 81-02-06-2020. Сборник 6. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. С. 66-90.
2. *И.В. Головченко* Выбор рациональных схем подачи бетонной смеси при возведении каркаса 16-ти этажного жилого дома в городе Симферополе // Вестник науки и образования Северо-Запада России, 2017, Т.3, №3
3. *Е.А. Король, П.Б.Каган* Особенности технологии и механизации возведения многоэтажных зданий // Вестник МГСУ. 2012. № 4. С. 170-175.
4. *Ю.И. Доладов, Д.С. Кретов* Подача бетонной смеси в высотные здания и сооружения // Наука молодых – будущее России, Академия строительства и архитектуры, г.Самара, 2018г.
5. *Кудрявцев, Е. М.* Комплексная механизация строительства - М.: Издательство АСВ, 2017. - 424 с.

*Студент магистратуры 1 года обучения 23 группы ИПГС Оточин В.Е.
Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук. Е.М. Пугач*

ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ КРУПНОФОРМАТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

На сегодняшний день строительство высотных зданий развивается небывалыми темпами. Застройщикам предстоит в кратчайшие сроки ввести в эксплуатацию миллионы квадратных метров недвижимости, при этом не теряя в качестве и эффективности продукции, а также снизить себестоимость производства. Практически все современные высотные здания возводятся из монолитного железобетона. Он зарекомендовал себя как надежный материал, дающий свободу планировочным решениям, простоту производства строительно-монтажных работ и высокие темпы возведения. Однако одним из самых трудоемких процессов общестроительных работ остается возведение ограждающих конструкций [1-2].

Современный фасад должен соответствовать не только эстетическим требованиям, но и выполнять функциональные задачи: защищать от перепадов температур, воздействия солнца, ветра и влаги, а также понизить расход тепловой и электрической энергии. Одной из самых эффективных технологий устройства ограждающих конструкций является технология устройства фасадов из крупноформатных элементов. Данный вид фасадов представлен двумя видами: наружные многослойные панели из железобетона и готовые стеновые модули их светопрозрачных конструкций (рис. 1). Целью исследования является выявление основных технологических особенностей использования данных фасадов.



а.



б.

Рис. 1. Различные виды крупноформатных элементов: а. трехслойная железобетонная панель; б. стеновые модули из светопрозрачных конструкций.

Технология устройства зданий из железобетонных панелей обрела свою популярность с конца 50-х годов 20-го века. Благодаря высоким темпам возведения зданий, в СССР данная технология вытеснила другие материалы на долгие годы. Современные трёхслойные железобетонные панели выгодно отличаются от традиционных панельных многоэтажных

зданий постройки 80-х годов. В них больше внимания уделяется шумоизоляции и утеплению, а также эстетическим качествам. Конструкция такой панели представляет из себя: наружный слой бетона с облицовкой, затем слой утеплителя — чаще экструдированный пенополистирол или минеральная вата, а затем внутренний слой железобетона. Наружная отделка выполняется клинкерным кирпичом или сайдингом, а также иногда «архитектурным бетоном» (рис. 2).



а.

б.

Рис. 2. Отделка трехслойных железобетонных панелей: а. сайдинг; б. архитектурный бетон.

К основным достоинствам данной технологии можно отнести: высокое качество изготовления элементов на заводе, скорость и простота монтажа, энергоэффективность. Основные недостатки трехслойных железобетонных панелей: звукоизоляционные качества, сложность выполнения стыков панелей, наличие крана при монтаже, ограниченность архитектурных решений [3-4]. Устройство фасадов из стеновых модулей с применением светопрозрачных конструкций (рис. 3), является относительно новой технологией. В отличие от вентилируемого фасада данная технология позволяет быстрее закрывать тепловой контур, а полностью заводское изготовление модуля минимизирует риски производственного брака.



а.

б.

Рис. 3. Фасад из стеновых модулей с применением светопрозрачных конструкций: а. светопрозрачная конструкция; б. стеновые модули.

К основным достоинствам устройства фасадов из стеновых модулей с применением светопрозрачных конструкций можно отнести: высокое качество изготовления элементов на заводе, скорость и простота монтажа, энергоэффективность, эстетические качества. Основные

недостатки данной технологии: сложность выполнения стыков панелей на этапе монтажа, наличие крана при монтаже, стоимость, трудность сохранения целостности модуля во время производства работ, сложность замены модулей [5].

В работе исследовались технологии устройства ограждающих конструкций из крупноформатных элементов, их применение, основные достоинства и недостатки. В ходе исследования было установлено, что для определения целесообразности использования фасадов из крупноформатных элементов, необходимо проанализировать ТЭП проекта. Основные параметры проекта, влияющие на выбор фасада: архитектурно-планировочные решения, конструктивные решения, стоимость, возможность использования технологии для данного климатического региона, наличие доступных поставщиков, расстояние от производства до строительной площадки, наличие грузоподъемных механизмов на строительной площадке, эксплуатационные характеристики объекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Король Е.А., Пугач Е.М., Николаев А.Е.* Технологическая и экономическая эффективность трехслойных ограждающих конструкций для энергоэффективных зданий // *Academia. Архитектура и строительство.* 2009. № 5. С. 415-418.
2. *Лялин Д.А., Пугач Е.М.* Технологичность возведения железобетонных каркасов многоэтажных зданий // *Вестник евразийской науки.* 2022. Т. 14. № 2. С. 40.
3. *Блажко Д.Н., Гусева А.Л.,* Трудности и возможности современного панельного домостроения // *Alfabuild.* 2017. №1 (1). С. 111-120
4. *Король Е.А., Пугач Е.М., Николаев А.Е.* Технологическая эффективность возведения ограждений зданий из трехслойных элементов // *Современное промышленное и гражданское строительство.* 2007. Т. 3. № 3. С. 157-163.
5. *Е.А. Король, П.Б. Каган* Особенности технологии и механизации возведения многоэтажных зданий // *Вестник МГСУ.* 2012. № 4. С. 170-175.

Студент 4 курса 19 группы ИПГС Данькин А.М.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук Е.М. Пугач

ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВАНТОВЫХ СИСТЕМ

Пространственные структурные покрытия позволяют перекрывать здания и сооружения с различными опорными контурами, сетками колонн. Сравнительно небольшая высота конструкций позволяет получать выразительное архитектурное решение, экономии строительного объема и ограждающих стеновых конструкциях.

Однако при проектировании объектов с планировочными решениями, исключаящими наличие опор внутри здания, с большими пролетами, а также со значительными нагрузками на покрытие, возникают сложности применения типовых решений пространственных структурных покрытий [1].

Для таких зданий целесообразно использование комбинированных покрытий.

Широкое применение структурные покрытия получили благодаря таким особенностям как: надежность в связи с многократно статической неопределимостью, большая пространственная жесткость, архитектурная выразительность кристаллической структуры, а также удобство прокладки коммуникаций по несущим конструкциям [2].

Вантовые покрытия позволяют перекрывать пролеты более 100 м полностью используют свою несущую способность, становятся экономичнее с увеличением пролета [3].

В совокупности преимущества конструкций позволяют организовывать различные конфигурации объемно-планировочных решений, создавать покрытия разнообразных архитектурных форм.

Возведение пространственных структурных покрытий с использованием вантовых систем возможно в следующей технологической последовательности: монтаж опорного контура; устройство подмостей; подача вантовых канатов на монтажный горизонт; закрепление вант на опорном контуре; установка кондукторов, сборка плиты покрытия на кондукторах; монтаж плиты на опоры; крепление системы вант к нижнему поясу с помощью накладок на болтовом соединении (рис. 1); натяжение вант, окончательная затяжка болтов.

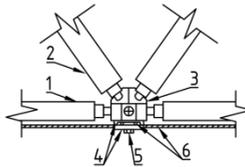


Рис. 1. Узел крепления вант к нижнему поясу структурной плиты:
 1 – нижний пояс структурной плиты, 2 – раскосы, 3 – коннектор, 4 – накладки, 5 – болт, 6 – ванты

В качестве подмостей могут использоваться вышки-туры, для подачи конструкций, материалов применяться автомобильные краны, натяжение вант выполняется любым известным способом. Конкретное оборудование, машины и механизмы подбираются согласно ППР.

Комбинация пространственных структурных покрытий с использованием вантовых систем была применена для устройства навеса над трибунами футбольного стадиона [4]. Здесь структурные плиты, имеющие с двух сторон опоры в виде пространственных стоек, в пролете были вывешены на вантовые канаты (рис. 2).

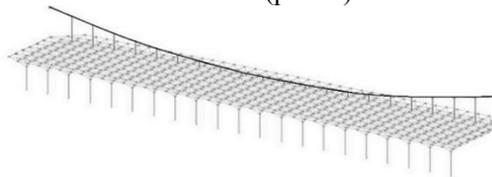


Рис. 2. Покрытие трибун футбольного стадиона

Также система вант и пространственного структурного покрытия может использоваться для повышения надежности структурной плиты, регулирования усилий в ее стержнях (рис.3) [5].

Вантовая система крепится к коннекторам нижнего пояса структурной плиты при помощи накладок, крайние ванты, проходя через оголовки пилонов, фиксируются в коннекторах крайних угловых стержней, примыкающих к колоннам. Так как в угловых стержнях нижнего пояса возникают дополнительные усилия, данные элементы усиливаются путем монтажа на них швеллеров при помощи хомутов на болтовом соединении.

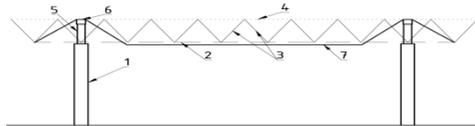


Рис. 3. Система вант в структурной плите: 1 – колонны, 2 – нижний пояс структурной плиты, 3 – раскосы, 4 – верхний пояс структурной плиты, 5 – пилоны, 6 – оголовки, 7 – вантовая сеть

Кроме крепления вантовой системы ко всей структурной плите, возможно усиление отдельных элементов, например, консолей [6]. В отличие от вышеописанного метода ванты крепятся не только к оголовкам и стержням нижнего пояса, но и к фундаментам колонн здания. К несущим вантам прикреплены подвески, которые другим концом закреплены в узлах соединения стержней нижнего пояса структурной плиты.

Таким образом, возведение пространственных структурных покрытий с использованием вантовых систем – комплексная задача, решение которой требует детальной проработки и учета особенностей монтажа каждого вида. Комбинация покрытий позволяет перекрывать здания и сооружения различных форм и очертаний в плане, создавать необходимые объемно-планировочные решения и архитектурную выразительность объекта, а также повышает надежность конструкции и расширяет область применения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *В. В. Михайлов, М. С. Сергеев* Пространственные стержневые конструкции покрытий (структуры): учеб. пособие /; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. – 56 с. ISBN 978-5-9984-0159-6
2. *А.А. Василькин, Г.В. Зубков.* Металлоемкость структурной плиты покрытия при различных условиях опирания. Инженерный вестник Дона. 2021. — №1.
3. Вантовые покрытия: учеб. пособие для вузов / В.К. Федулов, М.Д. Суладзе, Л.Ю. Артемова. – М.: МАДИ. – М., 2014. – 48 с.
4. *С.Н. Колодежнов, А.Н. Селиванова* Анализ висячих конструктивных систем подкрепления навеса в виде структурной плиты // Строительная механика и конструкции. Научно-технический журнал. — 2017. — №1 (14). — С.61-71
5. *Мушаков В.М., Рябов В.Л., Щеглов А.С., Щеглов А.А.* Устройство регулирования усилий в стержнях структурных плит покрытия здания//Патент РФ №2250327, 20.12.2002
6. *Калашиникова Е.Ю., Щеглов А.С.* Усиление структурных плит покрытия при производстве работ по реконструкции // Перспективы развития строительного комплекса. — 2012. — №2. — С.24-27

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-ПЕЧАТИ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ОПУСКНЫХ КОЛОДЦЕВ

Опускные колодцы используются при устройстве фундаментов глубокого заложения и различного рода заглубленных сооружений (насосных станций, опор мостов и др.).

Сущность опускных колодцев заключается в изготовлении конструкции на поверхности строительной площадки и разработке грунта внутри нее в направлении от центра к ножу. Оболочка колодца, утрачивая опору грунта под ножом, под действием собственного веса опускается, выдавливая оставшийся грунт из-под ножа.

Несмотря на широкое распространение, опускные колодцы из монолитного железобетона имеют существенные недостатки, главными из которых являются большой расход материалов и значительная трудоемкость, вызванная процессами устройства опалубки, арматурного каркаса, бетонирования.

Для снижения затрат времени и ресурсов рационально использовать современные методы и технологии строительства.

Так решением проблемы трудоемкости опускных колодцев может являться их устройство с помощью аддитивных технологий, а именно экструзионной печати на 3D-принтере портального типа.

Устройство опускных колодцев с использованием 3D-печати возможно в следующей технологической последовательности: подготовка строительной площадки: установка 3D-принтера, приспособлений для погружения, выемки грунта; разметочные и геодезические работы; устройство земляных сооружений для ножевой части; монтаж сборной ножевой части на песчаную призму; установка вертикальной арматуры в закладные детали ножа; печать стен 3D-принтером с раскладкой арматурных сеток вручную; выемка грунта экскаваторами, грейферами; погружение колодца; наращивание арматурных стержней по высоте с помощью соединительных муфт.

Печать колодцев будет осуществляться с помощью портального 3D-принтера, представляющего собой конструкцию, состоящую из рамы, трех порталов, печатающей головки (рис.1). Подача бетонной смеси происходит путем экструзионной печати с использованием специальной печатающей головки. Выдавливание смеси происходит по периметру проектируемой конструкции непрерывно.



Рис.1. 3D-принтер портального типа.

Устройство армирования происходит следующим образом: вертикальные арматурные стержни наращиваются по высоте с помощью соединительных механических муфт [1]. Также для увеличения пространственной жесткости вручную укладываются арматурные сетки.

Так как конструкция колодца включает арматурные изделия применяется специальная печатающая головки для армированных конструкций, позволяющая обходить вертикальные стержни армирования [2]. Сопло устройства имеет клапан, состоящий из двух подвижных элементов, каждый из которых может быть в двух положениях – открыто или закрыто. При положении закрыто сечения сопла частично, перекрывается, из-за чего меняется ширина укладываемого слоя бетонной смеси, происходит обход арматурных стержней (рис.2).

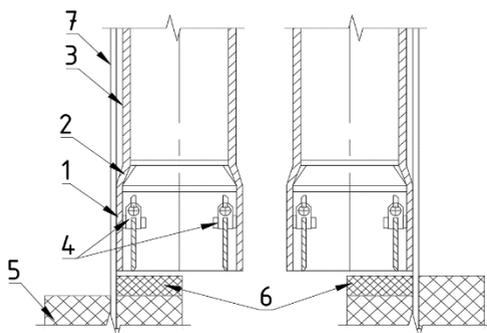


Рис. 2. Печать армированных конструкций: 1 – сопло, 2 – переходник, 3 – корпус печатающей головки, 4 - подвижный элемент клапана, 5 – слой ранее уложенного материала, 6 – свежеложенный слой материала, 7 – арматура

Класс бетона, диаметр и шаг арматуры определяются конструктивными решениями. Высота яруса бетонирования, мероприятия по уменьшению трения стен колодца о грунт при погружении, увязка скорости погружения и наращивания колодца, механизмы для разработки грунта определяются положениями ППР.

Заключение

Использование 3D-печати для устройства опускных колодцев позволит ускорить процесс возведения благодаря исключению процесса монтажа опалубки, снижения трудоемкости при арматурных работах и внедрению автоматизации процесса бетонирования [3-5].

Применение аддитивных технологий может увеличивать темпы строительства и снижать его продолжительность, что благоприятно скажется на раннем вводе в эксплуатацию. Однако необходимость ухода от традиционных методов и технологий строительства требует подтверждения технико-экономическим сравнением вариантов проектных решений. Использование печати также возможно и для других конструкции с армированием для ускорения производства и сдачи в эксплуатацию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Юсупходжаев С.А.А., Нигматжонов Д.Г.Ў.Л., Адилханова З.О.И.* современное конструктивное решение при возведении сейсмостойчивых зданий с помощью строительного 3д принтера. Научный журнал «Universum: технические науки» — 2022. — №9-1 (102). — С.70-72
2. *Щаулов В.В., Стародумова А.А.* Печатающая головка 3д принтера, предназначенного для печати изделий с армированием // Патент РФ №RU 179260 U1, 31.07.2017
3. *Д.Д. Коротеев, А.Н. Макаров, А.С. Болотова* Аддитивное производство в строительстве. Учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство». — 2023. — 92 С.
4. *Кудрявцев, Е. М.* Комплексная механизация строительства - М.: Издательство АСВ, 2017. - 424 с.
5. *Е.А. Король, П.Б.Каган* Особенности технологии и механизации возведения многоэтажных зданий // Вестник МГСУ. 2012. № 4. С. 170-175.

*Студенты 2 курса 9 группы ИПГС Воронина А.А., Колобякина А.А.
Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук А.О. Хубаев*

ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ КУПОЛЬНЫХ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Согласно СП 304.1325800.2017 3.1 большепролетная конструкция: Строительная конструкция с пролетом 18 и более метров – для гражданских, 30 и более метров - для промышленных зданий и сооружений или с консолью 9 и более метров. Одним из видов большепролетных сооружений являются купольные. В данной статье мы рассмотрим особенности возведения купольных сооружений, которые должны учитываться при строительстве. [1-5]

Когда речь идет о купольных покрытиях, важно учитывать их разнообразие типов и методов монтажа. Купола могут быть как ребристыми, так и сетчатыми, каждый со своими особенностями монтажа. При возведении ребристых куполов используются различные методы сборки. Эти конструкции могут собираться поэлементно, с использованием конструктивных блоков, навесным способом или устанавливаться в целом виде. Для обеспечения временной поддержки могут применяться мачты, башни кранов или опоры с радиально-поворотным устройством. Купольное покрытие состоит из каркаса, включающего радиально расположенные криволинейные ребра, опирающиеся на нижний монолитный опорный пояс и верхнее опорное кольцо. По этим ребрам устанавливаются сборные прогоны, на которых укладываются плиты. В некоторых случаях элементами купольного покрытия могут быть укрупненные сборные элементы трапециевидальной формы двойной кривизны. Монтаж купольных конструкций осуществляется с применением башенных или стреловых кранов. Часто в центре помещения устанавливаются временные опоры для поддержки верхнего опорного колец. Также распространен навесной способ, при котором панели поднимаются башенным краном, находящимся в центре купола. Для упрощения монтажа используется ферма-шаблон, которая опирается на опорную площадку на башне крана и тележку, движущуюся по кольцевому рельсу. Ферма легко вращается вокруг оси купола и может подниматься и опускаться с помощью винтовых домкратов. Каждый ярус купола монтируется начиная с нижнего, где панели укладываются, поднимаются и прикрепляются к металлическим стойкам. После установки панелей всех ярусов выполняется сварка

деталей и замоноличивание швов для создания устойчивой и законченной конструкции.

В возведении купольных большепролетных сооружений ключевую роль играет их геометрическая форма, создающая значительные нагрузки на конструкцию и требующая уникальных, особых расчетов.

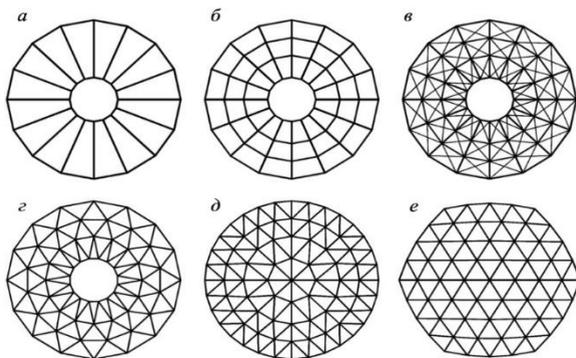


Рис.1. Геометрические схемы каркасов металлических куполов.

а-ребристый купол; б-ребристо-кольцевой купол; в-купол Шведлера; г-звездчатый купол; д-секториально-сетчатый купол; е-геодезический купол.

Одним из вызовов при строительстве таких сооружений является необходимость монтажа и подъема больших объемов материала, а также использование легких, но прочных материалов, способных выдержать нагрузки и сохранить свои свойства на долгое время.

Методы усиления и армирования купольных конструкций:

1. Арматурная сетка: Равномерное распределение нагрузок по всей конструкции и предотвращение возможности расслоения или разрушения основной задачей служит армирование с использованием арматурной сетки.

2. Ленточное армирование: Для повышения прочности в зонах повышенных напряжений часто применяется ленточное армирование, обеспечивающее стабильность конструкции.

3. Укрепление бетона: Для усиления бетонных структур могут использоваться специальные добавки, повышающие прочность и жесткость конструкции.

4. Дополнительные опоры: Для усиления купольных конструкций возможно добавление дополнительных опор, стержней или стен, установленных в фундаменте и соединенных с куполом для

равномерного распределения нагрузок и обеспечения дополнительной прочности.

В заключение, строительство купольных большепролетных сооружений является технически сложным процессом, требующим детального проектирования и инновационных решений. Важно создание надежных пространственных систем поддержки и крепления, включая арочные опоры, обручи, металлические или железобетонные каркасы. Различные методы армирования и усиления могут применяться в сочетании для обеспечения надежности и долговечности таких конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Zholtikov, A.* Improving the efficiency of applying the method of slab and floor lifting / A. Zholtikov, A. Zinovkin, A. O. Khubaev // E3S Web of Conferences: Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023), Chelyabinsk, 25–28 апреля 2023 года. Vol. 389. – Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. – P. 01067. – DOI 10.1051/e3sconf/202338901067.
2. *Хубаев, А. О.* Определение методов повышения огнестойкости легких стальных тонкостенных конструкций / А. О. Хубаев, А. С. Зиновкин, А. Р. Жолтиков // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2023. – № 11(1071). – С. 40-43.
3. *Бидов, Т. Х.* Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466-471. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471.
4. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov // E3S Web of Conferences: 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037. – DOI 10.1051/e3sconf/20199706037.
5. *Кунин Ю.С., Абрамов И.Л., Забелина О.Б.* Влияние соблюдения проектной технологии сборки каркасных купольных покрытий на качество построенного объекта и его эксплуатационные свойства // Инженерный вестник Дона. 2019. № 6 (57). С. 52.

Студент 2 курса 9 группы ИПГС Федотов А.А.

Студент 2 курса 9 группы ИПГС Бочков К.И.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук А.О. Хубаев

ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С МЕМБРАННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ.

Большепролетными зданиями называются сооружения, где расстояние между спорами несущих конструкций покрытия превышает 40 метров. Основное требование к большепролетным зданиям – отсутствие промежуточных опор, так как это позволяет получить достаточное пространство для размещения оборудования, техники, персонала в проектируемом сооружении. [1-4]

В данной статье мы изучим мембранные большепролетные здания. Мембранные системы являются преднапряженной растянутой конструкцией, сделанной из тонкого металлического листа малой толщины (5-6 мм) и закрепленной на опорном контуре. Мембранные системы обычно применяются в зданиях специального значения и уникальных зданиях и их применение обязывает проектировщиков учесть особенности строительства, проектирование и эксплуатации мембранных большепролетных зданий. [5,6]

Мембранные большепролетные здания должны воспринимать нагрузки, которые определяются “Техническим заданием на проектирование”, включая неравномерно распределенные временные нагрузки, сосредоточенные, полосовые и распределенные динамические нагрузки, сейсмические нагрузки. Очень важно учитывать нагрузки от снега и ветра. В большинстве случаев мембранные конструкции большепролетных зданий имеют большую прочность, жесткость, и нагрузки от снега и ветра малы по сравнению с нагрузкой от собственного веса. Но в случае, когда собственная масса мембранных покрытий мала, и изгибная жесткость сравнительно небольшая, значительные ветровые и снеговые нагрузки или их совокупность может привести к потере устойчивости мембранной конструкции и ее деформации.

Для большепролетных сооружений проводят разработку рекомендаций по определению снеговых и ветровых нагрузок на основе создания макета здания и продувки модели сооружения в специализированной аэродинамической трубе. Опыты по продувке модели стоит проводить в установках, позволяющих реально отобразить аэродинамические характеристики здания, которые, так как эти нагрузки зависят от характера набегающего потока. Модель сооружения изготавливается из дерева, полистирола (листового), поливинилхлорида.

Модель также оснащается датчиками, которые измеряют составляющие давления.

При расчетах снеговых нагрузок учитывают расчетное значение снегового покрова, превышаемые 1 раз в 25 лет. Для большей надежности расчетных значений учитывают коэффициент надежности по ответственности. Также используется коэффициент μ для перехода от веса снегового покрова на земле к нагрузке на покрытия. Этот коэффициент учитывает перераспределение массы снега на покрытии в зависимости от его формы. При случае равномерно распределенного снега по всей площади покрытия этот коэффициент принимается равным 1. При расчетах ветровой нагрузки необходимо учитывать динамическую составляющую ветровой нагрузки, которая вызвана пульсациями скоростного напора. Пульсация скоростного напора приводит к колебанию всей конструкции. В некоторых случаях пульсация скоростного напора может совпасть с собственной частотой колебаний конструкции. В таком случае происходит явление “Ветрового резонанса”, и амплитуда колебаний покрытия увеличивается. Это может привести к потере устойчивости конструкции. Пульсационную составляющую ветровой нагрузки, которая действует в горизонтальном направлении определяют по следующей формуле:

$$w_g = w_m \zeta(z) v \xi;$$

Где w_m - средняя составляющая нагрузки, $\zeta(z)$ - коэффициент, учитывающий изменение пульсационной составляющей давления ветра на высоте z , $v=0,65$ – коэффициент корреляции пульсаций давления, ξ - коэффициент динамичности.

После возведения каркаса здания возводится мембранное покрытие большепролетного здания. Наиболее простой и эффективный способ возведения покрытия - приложение расчетного груза. Это необходимо для того, чтобы обеспечить только растягивающие напряжения в мембране. Также приложение груза снижает раскачивание конструкции при неравномерных нагрузках. Чтобы стабилизировать мембранные конструкции, их необходимо подвергнуть предварительным растяжениям. При круглом плане покрытие стабилизируют путем введения системы вант и жестких ребер. При стабилизации покрытия с помощью тонких ребер применяется система радиальных балок и ферм, совместно работающих с мембранной. Мембранную оболочку получают путем переплетения металлических лент, направления которых взаимно перпендикулярны. Эти действия предотвращает расслаивание лент и обеспечивает наибольшую прочность конструкции. Верхнюю поверхность мембран защищают многослойным гидроизоляционным ковром.

Таким образом, в данной статье мы рассмотрели особенности возведения мембранных большепролетных зданий и сооружений, изучили особенности расчета нагрузок, в частности подробно рассмотрели снеговые и ветровые нагрузки на здание [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Еремеев П.Г.* Современные стальные конструкции большепролетных покрытий уникальных зданий и сооружений: Монография. - М.: Изд-во АСВ, 2009. – 336 с., 161 ил. – ISBN 978-5-93093-651-3
2. *Zholtikov, A.* Improving the efficiency of applying the method of slab and floor lifting / A. Zholtikov, A. Zinovkin, A. O. Khubaev // E3S Web of Conferences : Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023), Chelyabinsk, 25–28 апреля 2023 года. Vol. 389. – Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. – P. 01067. – DOI 10.1051/e3sconf/202338901067.
3. *Хубаев, А. О.* Определение методов повышения огнестойкости легких стальных тонкостенных конструкций / А. О. Хубаев, А. С. Зиновкин, А. Р. Жолтиков // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2023. – № 11(1071). – С. 40-43.
4. *Бидов, Т. Х.* Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466-471. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471.
5. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.
6. *Гончаров А.А.,* Исследование градуировочных зависимостей, используемых при контроле прочности бетона неразрушающими методами / А. А. Гончаров, Т. Х. Бидов, Г. Е. Трескина, Ю. Л. Беккер // Научное обозрение. – 2015. – № 12. – С. 68-72.
7. *Кунин Ю.С., Абрамов И.Л., Забелина О.Б.* Влияние соблюдения проектной технологии сборки каркасных купольных покрытий на качество построенного объекта и его эксплуатационные свойства // Инженерный вестник Дона. 2019. № 6 (57). С. 52.

РАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ БЕТОНА

Бетоном называется искусственный каменный материал, получаемый в результате твердения бетонной смеси, состоящей из цемента, воды и заполнителей.

Разрушающие методы контроля бетона необходимы для оценки его прочности, долговечности и качества. Они позволяют строителям и инженерам получить информацию о свойствах бетона для того, чтобы убедиться, что он соответствует требованиям проекта и нормативным документам [1 -3].

Для чего нужны разрушающие методы контроля бетона?

1. Оценка прочности. Разрушающие испытания позволяют определить максимальную нагрузку, которую бетон может выдержать перед разрушением. Это важно для безопасности и надежности конструкций. Испытание на сжатие позволяет определить сопротивление бетона сжатию, что важно для колонн, столбов и других элементов, подверженных этому типу нагрузки и это только один из примеров.

2. Оценка долговечности. Разрушающие методы контроля позволяют оценить долговечность бетона и его способность сохранять свои свойства со временем. Например, тесты на изгиб дают представление о том, как бетон ведет себя при длительных нагрузках и деформациях, что помогает предсказать его поведение в течение срока службы.

3. Определение качества. Разрушающие методы контроля позволяют выявить любые дефекты, поры, трещины или неблагоприятные условия, которые могут негативно повлиять на качество и прочность бетона. Они помогают выявить проблемы на ранних стадиях и предпринять соответствующие меры для их устранения, что важно для предотвращения потенциальных повреждений или аварий.

4. Контроль качества производства. Разрушающие методы контроля бетона позволяют проверить соответствие выпускаемого бетона нормам и стандартам. Испытания на контроле качества помогают убедиться, что процесс производства бетона выполняется в соответствии с требованиями и что каждая партия бетона соответствует установленным стандартам.

Разрушающие методы контроля бетона включают несколько основных тестов: изгиб, сжатие и удар [4, 5].

1. Изгиб (рис.1). Для проведения тестов на изгиб обычно используют пространственные бетонные балки или пластины. Балка или пластина

подвергаются приложению определенной нагрузки, которая вызывает изгиб и деформации в бетоне. Оценивается поведение и прочность бетона при изгибе, что позволяет предсказать его долговечность и способность выдерживать нагрузку в реальных условиях эксплуатации.

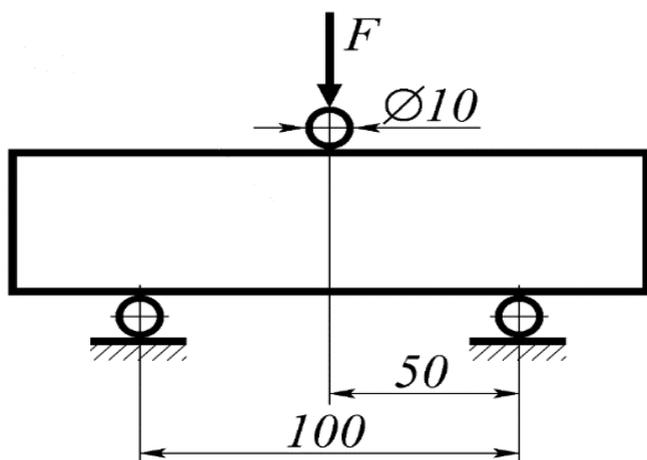


Рис.1. Испытание на изгиб бетона.

2. Сжатие (рис.2). Испытание на сжатие является одним из наиболее распространенных методов контроля бетона. Образцы бетона, обычно в форме цилиндров или кубов, подвергаются сжатию с применением установленных нагрузок. Путем измерения сопротивления бетона сжатию можно оценить его прочность и качество. Этот тест также помогает определить соответствие бетона требованиям проекта и нормативным документам.

3. Удар. Испытание на удар является одним из разрушающих методов контроля бетона. Оно осуществляется для оценки его ударной вязкости и способности сопротивляться внезапным нагрузкам. Испытание на удар выполняется с использованием специального прибора, называемого ударным тестером или шариковым аппаратом.

Принцип испытания на удар заключается в том, что шарик, падая с определенной высоты, ударяется о поверхность образца бетона. По реакции образца на удар оценивается его ударная вязкость и поглощение энергии. Чем выше ударная вязкость, тем лучше бетон способен амортизировать ударные нагрузки и предотвращать разрушения.

Важно отметить, что проведение этих тестов должно быть осуществлено опытными специалистами, соблюдая соответствующие стандарты и нормативы безопасности [6, 7].

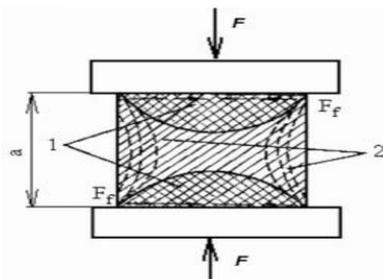


Рис.2. Испытание на сжатие бетона:

1 – зоны объемного сжатия бетона;

2 – зоны поперечного растяжения бетона;

F_f – силы трения между плитами пресса и поверхностью грани образца.

ГОСТ 10180-2012 "Бетоны. Методы определения по контрольным образцам" устанавливает порядок проведения разрушающих испытаний бетонов, включая методы испытаний на сжатие, на растяжение, на изгиб, на ударную вязкость и другие типы испытаний. Он определяет требования к подготовке образцов бетона, выполнению испытаний и изложению результатов с целью контроля качества бетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Забелина О.Б., Леонов Д.В. Совершенствование процессов зимнего бетонирования монолитных строительных конструкций // Перспективы науки. 2019. №11 (122). С. 10-14.
- 2 Забелина О.Б., Леонов Д.В. Выбор эффективного метода зимнего бетонирования монолитных строительных конструкций // Перспективы науки, 2020, № 6 (129). С. 67-70.
- 3 Забелина О.Б., Котов В.И. Техническое обследование объекта культурного наследия Свято-Духовный храм в с. Шкинь Коломенского района // Перспективы науки. 2019. №12 (123). С. 116-122.
- 4 ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам
- 5 ГОСТ 18105-2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности
- 6 Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, В.В. Воронин Технология бетона, строительных изделий и конструкций. - М.: Изд-во АСВ, 2004
- 7 Zabelina O.B. Application of non-destructive methods of control within the inspection of concrete structures E3S Web of Conferences 258, 09007 (2021) UESF-2021

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА

В современном строительстве существует тенденция уплотнительной застройки [1]. Строительство в стесненных условиях требует особого внимания к выбору подходящих организационно-технологических решений (далее – ОТР). В данной статье проанализированы основные аспекты выбора строительных решений в условиях ограниченных ресурсов.

Выбор оптимальных ОТР в ограниченных условиях строительства, максимальное использование ресурсов, эффективное управление временными рамками и безопасность рабочего процесса – ключевые аспекты, требующие внимания.

При возведении зданий в стесненных условиях затруднена поточная организация работ из-за разной размерности захваток и выполняемых на них технологических процессов. Ключевым аспектом является разнообразие структурно-планировочных и архитектурно-конструктивных особенностей объектов [2].

Выделим несколько факторов выбора ОТР:

- Оптимизация использования пространства.

Данный пункт включает в себя выбор оптимальной строительной техники и оборудования. Также, необходимо обращать внимание на разработку строительного генерального плана, в котором рассчитываются и размещаются все объекты временной строительной инфраструктуры [3].

- Управление ресурсами.

Необходима налаженная поставка материалов, оптимизация логистики, использование доступных материалов, обучение рабочих и внедрение бережливого производства в процесс строительства [5].

- Временные ограничения.

Важно выбирать технологии и методы, которые позволяют сократить время строительства без ущерба качеству.

- Безопасность.

Ограниченное пространство и интенсивная деятельность на строительной площадке могут создавать повышенные риски для безопасности. Выбор организационно-технологических решений должен учитывать не только производительность, но и безопасность рабочих.

Для достижения эффективности в стесненных условиях строительства следует использовать ряд стратегий оптимизации:

1. Применение сборных или модульных элементов.

Данное решение значительно сокращает количество операций для изготовления готовой конструкции. Доставка сборных элементов на площадку строительства заметно упрощается, а также может производиться монтаж «с колес», что исключает необходимость подготовки площадок складирования.

2. Рациональное планирование и координация.

Тщательное планирование всех этапов строительства с учетом доступных ресурсов и ограничений помогает избежать простоев и минимизировать потери времени и материалов. Кроме того, эффективная координация между участниками проекта также играет важную роль в успешной реализации проекта.

3. Повышение квалификации персонала.

Обученные и компетентные специалисты способны эффективно использовать имеющиеся ресурсы и выбирать оптимальные строительные методы.

4. Исключение потерь.

В производственный процесс необходимо внедрение бережливого производства, которое ведет к сокращению затрат за счет исключения потерь [6]. 7 видов потерь приведены на рис.1.

Также, необходимо учитывать восьмой вид потерь, а именно «Неиспользованный человеческий потенциал». Чаще всего нереализованные возможности человека проявляются в том случае, когда деятельность слишком сильно ограничена внутренними стандартами, правилами или должностными инструкциями.

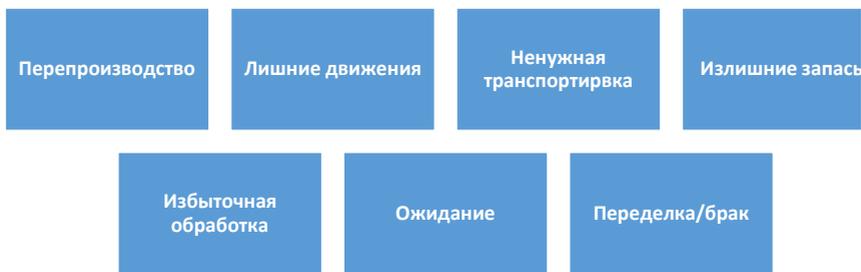


Рис. 1. 7 видов потерь.

5. Использование инновационных технологий.

Правительство заинтересовано держать под контролем весь процесс реновации, поэтому по новым законопроектам все стройки, финансируемые из государственного бюджета, обязаны сопровождаться использованием BIM-технологий [4].

Процесс BIM-моделирования сводится к разработке трехмерной модели, в которой будут учтены все особенности конструкций, инженерных сетей. Путем создания такой стандартной модели участники проекта получают уверенность в корректности принятых проектных решений.

Исходя из предоставленной статьи, можно сделать следующие выводы:

1. В условиях уплотнительной застройки и ограниченных ресурсов важно применять инновационные подходы и стратегии, направленные на оптимизацию использования пространства;
2. Стратегии оптимизации, планирование и координация, а также квалификация персонала, играют ключевую роль в успешной реализации проектов.
3. Использование инновационных технологий, таких как BIM-моделирование, является необходимым компонентом современного строительства, так как это позволяет улучшить управление процессами, повысить качество и уменьшить потери.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Чебанова С.А., Распяткина О.А., Гончар Т.С., Карпов А.А.* Повышение эффективности строительных работ в стесненных условиях. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. № 3 (88). С. 186-191.;
2. *Тиникашвили Э.А.* Методы монтажа при возведении зданий в стесненных условиях, Архивариус. 2020. №4 (49). С. 43-45.;
3. *Чебанова С.А., Азаров А.В., Беккер М.Е.* Особенности и проблемы организационно-технологических решений строительства в стесненных условиях. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. № 4 (77). С. 146-152.;
4. *Котов В.М., Эмба С.И.* С применением BIM-технологий при реновации жилых зданий, Строительное производство. 2020. № 1. С. 129-134.
5. *Кирпичкина М.А., Новокрещенова О.В.* Применение инструментов бережливого производства на предприятиях. В сборнике: The World of Science Without Borders. 2022. С. 578-580.

КЛАДКА СТЕН ИЗ МНОГОСЛОЙНЫХ БЛОКОВ

В современных условиях актуальность строительства из многослойных блоков обусловлена их высокой энергоэффективностью и экологичностью, что соответствует тенденциям развития строительной отрасли. Исследование технико-экономической эффективности показало целесообразность использования выбранной конструкции стен [1].

Послойное устройство конструкций за счет большего количества операций обладает значительной трудоемкостью, что сказывается на продолжительности строительства зданий. Процесс возведения стен из многослойных блоков достаточно прост и быстр за счет небольшого веса (в пределах 30 кг) и совмещения всех слоев в единый конструктивный элемент - блок. Кроме того, они обладают отличными теплоизоляционными свойствами, что должно существенно снизить затраты на отопление здания.

Область применения: наружные стены малоэтажных зданий, ограждающие конструкции многоэтажных зданий.

Слои разделяют на 3 основные группы:

1. Декоративный, фасадный или наружный слой. Реализация имеет высокую вариативность: искусственный камень на основе акриловых смол, металлические панели, цементно-стружечные плиты, есть возможность создать рельефную поверхность фасада или объемное окрашивание за счет применения пигмента в бетоне. Сироткин С.А. [2] предлагает добавлять в состав слоя металлическую фибру, армирующее синтетическое волокно, гидроизолирующее вещество, пластификатор.

2. Теплоизоляционный слой. В качестве материала для данного слоя используют: пенополистирол, минеральную вату, стекловату, бетон с содержанием древесной щепы, пенополиуретан, керамзитобетон.

3. Несущий или конструктивный слой. Материал для данного слоя: керамзитобетон, керамзитобетон с добавлением металлической фибры, мелкозернистый бетон, керамический материал, полистиролбетон, ячеистый бетон, перлитобетон, арболит, пенобетон, газобетон, легкий бетон и иные его разновидности.

Для того, чтобы блок работал как единое целое, необходимо наличие связующего элемента в многослойной конструкции. В качестве

связующего чаще всего выступают стержни (полимерные, из металла, из стеклопластика). Вопрос о положении в пространстве решается разными способами. Сазонов Н.А. [3] предлагает располагать перемычки под углом к горизонтальной и вертикальной плоскостям. Лещиков В.А. [4] предложил производить сцепление за счет полимерных стержней, острый конец которых располагается у декоративного слоя, противоположный конец, зацеп, входит в несущий слой, стержни содержат дисковые или крестообразные ребра. Ковтун А.П. [5] предлагает связь за счет трех базальтопластиковых стержней под прямым углом к наружному слою, в плане образуется равнобедренный треугольник. В качестве связующего можно использовать предварительно подвспененные гранулы полистирола с резервом для окончательного вспенивания или скреплять слои за счет высокой адгезии пенополиуретана [6].

Для соединения блоков может предусматриваться система «паз-гребень» в декоративном или несущем слоях. Система решена многими способами, например: продольное смещение наружного слоя по длинной стороне относительно теплоизоляционного и несущего слоев, гребень выполняется за счет создания выступающей части вдоль лицевого слоя, формируется гребень и паз в несущем слое. В конструкции Сазонова Н.А. пазы и выступы одинаковой глубины по периметру блока в торцевых поверхностях в теплоизоляционном слое. В некоторые пазы предусматривается закладка арматурных стержней и последующее заполнение клеевой смесью, в таком случае гребень устраивается с учетом диаметра закладываемого стержня. Наличие системы «паз-гребень» позволяет упростить процесс кладки блоков, применяя принцип стыковки, что повышает качественные и прочностные характеристики стены [7]. Существуют специальные комплекты многослойных строительных блоков для скоростного возведения [8].

Процесс кладки производится с участием клеевой смеси или без нее. В случае присутствия вышеупомянутой, клеевая смесь наносится в обход теплоизоляционного слоя.

При устройстве безрастворной кладки фиксация блоков производится за счет вертикальных отверстий перпендикулярных постели, в них забиваются композитные стержни. При этом в вертикальный стык между блоками и между рядами блоков размещается в виде полосы нетканное полотно (холлофайбер).

Процесс кладки блоков Балаева А.А. [9] предусматривает последовательное нанесение клея на горизонтальную плоскость ранее уложенного ряда и установку блоков нового ряда. В блоках предусмотрены канавки: горизонтальные на нижней и верхней плоскостях, вертикальные на боковых. После совмещения канавок

блоков, в вертикальные под напором вводится клеевая смесь, в горизонтальные же укладываются армирующие элементы, которые закрывают клеевой композицией. После совмещения вертикальных отверстий блоков вводятся вертикальные армирующие элементы, отверстие заполняется смесью. Между продольными армирующими элементами размещают нетканное полотно, как и в способе безрастворной кладки. В качестве клеевой композиции применяют клей-пену, монтажную пену или текучую массу из связующего материала.

Использование многослойных блоков эффективно для возведения зданий разной этажности, многообразие технических решений позволяет реализовывать сложные объемно-планировочные и архитектурные решения. При выборе решения следует учитывать технологические особенности устройства конструкции и кладки стен, что необходимо при определении качеств для конкретного объекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Богданов В. Ф., Тарасов Д. Н., Федосеева И. П., Чумаков В. П.* Техничко-экономическая эффективность многослойных наружных стен. Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции. Ч: ЧГУ им. И. Н. Ульянова – 2016. – с. 343-348.
2. *Сироткин С.А.* Строительный блок из керамзитобетона. Описание полезной модели к патенту. 2011 г.
3. *Сазонов Н.А.* Блок строительный универсальный. Описание полезной модели к патенту. 2006 г.
4. *Лещиков В.А.* Многослойный строительный блок. Описание полезной модели к патенту. 2006 г.
5. *Ковтун А.П.* Многослойный пазогребневой строительный блок. Описание полезной модели к патенту. 2008 г.
6. *Соков В.Н.* Многослойный стеновой строительный блок. Описание полезной модели к патенту. 2012 г.
7. *Силюянов М.А.* Трехслойный утепленный строительный блок. Описание полезной модели к патенту. 2011 г.
8. *Лещиков В.А.* Комплект строительных блоков для скоростного возведения малоэтажных зданий. Описание полезной модели к патенту. 2015 г.
9. *Балаев А.А.* Строительный стеновой блок и способ соединения блока со смежными блоками стены. Описание полезной модели к патенту. 2019 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ МЕТОДОВ УСИЛЕНИЯ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ

Строительство и реконструкция относятся к процессам создания или полных, а также частичных изменений конфигурации зданий, сооружений или объектов инфраструктуры. Строительство включает возведение зданий и сооружений, устройство автомобильных и железнодорожных дорог, монтаж инженерных сетей и многое другое. Одним из важных направлений, которому на сегодняшний день уделяется все больше внимания является реконструкция. Термин реконструкция, в соответствии с пунктом 14 ст. 1 Градостроительного Кодекса РФ - это изменение параметров здания (размеров, высоты, количества этажей или этажности, площади, объема и т. д.) или замена и (или) восстановление его основных строительных конструкций и несущих элементов, будь то фундаменты, колонны или стены.

Большинство действующих и прекративших действовать построек в городе Москва, реализовано из кирпича, который обладает множеством полезных свойств, таких как долговечность, механическая прочность и низкая теплопроводность, образующая один из самых лучших микроклиматов, в сравнении с другими материалами, в здании или сооружении, а также архитектурная выразительность [5]. Негативные факторы, такие как неравномерное распределение осадок грунта, атмосферные осадки, резкие изменения температуры, а также другие макро- и микроклиматические воздействия, проектные ошибки и нарушение технологических требований, способствуют разрушению каменных конструкций. Проводимое плановое и внеплановое обслуживание, а также ремонт несущих каменных конструкций помогают сохранить здание в исправном и работоспособном состоянии. Вопрос усиления и реконструкции исторических, промышленных, общественных и других зданий возникает, когда необходимо усилить отдельные элементы конструкции или весь объект капитального строительства в целом.

При проведении данных работ особое внимание уделяется сохранению архитектурной ценности здания. Одним из явных признаков поврежденной кладки являются трещины, которые образуются из-за неравномерных осадок грунта, изменений климата, а также другие негативные факторы.

Усиление кирпичной кладки является процессом довольно трудоемким, как на этапе изысканий с проектированием, так и на этапе реализации, многофункциональным и разнообразным. Существует специальный нормативный документ, регламентирующий методы усиления кирпичной кладки – СП 427.1325800.2018 «КАМЕННЫЕ И АРМОКАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ. Методы усиления», в котором дается подробное описание различных основных видов каменных конструкций, их вариантов и технологий усиления. Так, в данном нормативном документе описываются общие требования к усиливаемым элементам каменных, а в частности кирпичной кладке, материалы, допустимые к применению, а также основные расчетные характеристики, используемые при изучении вариантов усиления кладки.

Данный свод правил включает описание усиления:

- Элементов с продольным вертикальным армированием;
- Комплексных элементов (элементов из каменной кладки, усиленных железобетоном);
- Элементов каменных конструкций обоймой;
- Центрально-растянутых/сжатых элементов;
- И других различных элементов из камня или кирпича.

Но для более узкого и точного изучения технологий и вариантов усиления каменных конструкций необходимо обратиться к различным литературным источникам и научным исследованиям. Так, например, в работе «Особенности реконструкции кирпичной кладки стен объектов культурного наследия» авторов Панькина О.И. и Климовой Ю. В. [1] описываются факторы, воздействующие на прочность кирпича в конструкции сооружения.

Авторы данной работы также затрагивают проблемы образования трещин в кладке, и предлагают варианты решений, например, расшивка межблочного пространства и заполнение его новым составом. Данный метод применяется при образовании трещин на швах кладки и связан с тем, что при строительстве древних зданий использовался, как правило, известковый раствор, характеризующийся невысокой прочностью, а также с нарушением пропорций компонентов раствора, несоблюдением правил замешивания. [2,3] И второй метод - инъектирование ремонтным раствором. [4]

В дальнейшем в выпускной квалификационной работе планируется более детально проработать вопросы экономического эффекта, сроков строительно-монтажных работ и их влияния на реализацию инвестиционно-строительного проекта в сравнительном анализе для большинства возможных методов усиления кирпичных конструкций.

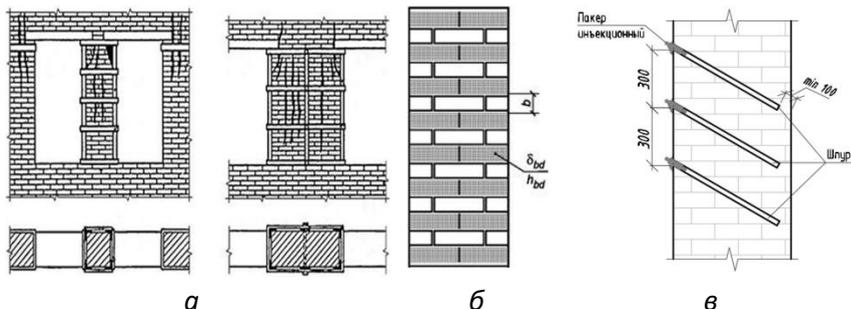


Рис. 1. Примеры усиления каменных конструкций:

- а) Схема усиления обоями,
 б) Схема усиления из полимерных композитных материалов,
 в) Схема усиления инъектированием

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 *Панькин О. И., Климова Ю. В.* Особенности реконструкции кирпичной кладки стен объектов культурного наследия // Шаг в науку. – 2022. – № 2. – С. 11–15.
- 2 *С.А. Старцев, А.А. Сундукова.* Усиление кирпичной кладки композитными материалами и винтовыми стержнями // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. - №6. – С. 17 – 26.
- 3 *Doroshin I.N., Sinenko S.A.,* Economical Aspects of the Cost Regulation for the Construction of Buildings, E3S Web Conf., Volume 1079, Chapter 4, 2021, 052066
- 4 *Дорошин И.Н., Драгич М.* Особенности энергоэффективности и зарубежный опыт применения энергоэффективных фасадных систем в жилищном строительстве. "Инженерный вестник Дона", № 6, 2022
- 5 *Кунин Ю.С., Забелина О.Б.* Выбор способа усиления кирпичных вертикальных конструкций после детального технического обследования объекта федерального государственного бюджетного учреждения культуры «Политехнический музей»// Наука и бизнес: пути развития. 2018. №11 (89). С.102-107.

Студент 4 курса 14 группы ИСА Северин Д.О.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. экон. наук, доц. И.Н. Дорошин

ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОСПИТАЛЕЙ В ПЕРИОД ПАНДЕМИЙ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИРУСНЫХ ИНФЕКЦИЙ

Более года назад, люди и не могли себе представить, насколько сильно может измениться их жизнь и быт за короткий срок времени вследствие пандемии. Это отразилось не только на образе жизни людей, но и на экономическом развитии многих стран. Буквально, за период трех месяцев, вирус распространился по всему земному шару, объединив все страны одной целью - борьбой с инфекцией коронавируса. Именно, это дало огромный толчок для развития здравоохранения в развитых странах. Началось интенсивное строительство специализированных больниц, а также переоснащение существующих стационаров в самые кратчайшие сроки. Это обусловило использование передовых строительных технологий, позволивших ускоренное строительство больниц.

В данной работе я рассматриваю данную проблему в виду ее острой актуальности в настоящее время, а также в ближайшем будущем.

В этой связи целью моей работы является рассмотрение строительных технологий, обеспечивающих строительство инфекционных центров в кратчайшие сроки, а также их рациональное использование в дальнейшем строительстве.



Рис. 1. Временный госпиталь в Китае



Рис. 2. Модульные конструкции

Например, для строительства госпиталя в Хошеншан в Китае (рис.1) на площади 34 тысячи квадратных метров, рассчитанном на 1000 мест,

была использована технология быстрого модульного строительства. На заводе (рис.2) проектируются все помещения и затем изготавливаются модульные конструкции.

Особенность этих конструкций заключается также в изготовлении готовых конструкций отдельных помещений и предварительной установки коммуникаций в помещениях общего пользования до начала монтажа здания. Таким образом, сборка здания из предварительно изготовленных модулей осуществляется на строительной площадке.



Рис.3. Легкие металлические конструкции

Следующая технология ЛМК (легкие металлические конструкции) и ЛСТК (легкие стальные тонкостенные конструкции) использовалась в России (рис.3). Это технология позволяет возведение здания в течение 3-4 месяцев. Из легких металлических конструкций изготавливаются прочные каркасы здания. Для этих опорных конструкций используется профилированные листовая сталь и тонкостенные профили из оцинкованной стали. Кровля выполняется из сэндвич-панелей толщиной 200 мм. Эти панели обладают высокой прочностью и рассчитаны на большие нагрузки снежного покрова. Использование этой технологии позволило обеспечить строительство больниц во многих регионах России в кратчайшие сроки, а также их надежную эксплуатацию при относительно низких затратах.

Характеристики ЛСТК:

- 1) Все ЛСТК конструкции изготавливаются из листовой стали толщиной не более 4 мм.
- 2) Для изготовления ЛСТК используется холоднокатаный рулонный оцинкованный лист.
- 3) Все детали конструкций соединяются с помощью специальных винтов. Крепежи изготавливаются из высокоуглеродистой стали.
- 4) Данная технологи обеспечивает быструю сборку и демонтаж здания, а также стойкость к сейсмическим нагрузкам.

Преимущества данной технологии:

- Низкие затраты благодаря экономичной и быстрой установке металлоконструкций, что позволяет экономию до 15% от общих

расходов. Один из самых дешевых видов строительных материалов, применяемых для строительства больниц.

- Материалы, применяемые для ЛСТК- технологии являются влагоустойчивыми, поэтому строительство может осуществляться при любых погодных условиях.

- ЛСТК является экологичным материалом, оказывает минимальное воздействие на окружающую среду. Строительство больниц по ЛСТК является полностью безотходным.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что строительная отрасль в России в секторе здравоохранения встала на путь модернизации, обеспечения населения медицинскими учреждениями, медицинской помощью в широких масштабах. На заводах было выпущено рекордное количество модульных конструкций, легких металлических конструкций, рассчитанных на эксплуатацию в течение длительного срока. Это позволяет увеличить масштаб строительства больниц и поднять уровень медицинского обслуживания не только в сложный период пандемии, но и в ближайшем будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дорошин И.Н., Синенко С.А., Гергоков И.Х.* Обобщение опыта выбора организационно-технологических решений при возведении зданий, Журнал "Инженерный вестник Дона", № 12, 2020
2. *Дорошин И.Н., Драгич М.* Особенности энергоэффективности и зарубежный опыт применения энергоэффективных фасадных систем в жилищном строительстве. Журнал "Инженерный вестник Дона", № 6, 2022
3. *Кудрявцев, Е. М.* Комплексная механизация строительства - М.: Издательство АСВ, 2017. - 424 с.
4. *Головин К.А., Забелина О.Б.* Анализ значимости факторов, влияющих на выбор организационно-технологических решений при строительстве объектов здравоохранения // Components of Scientific and Technological Progress, 2023. № 5 (83), с. 51-58.
5. *Головин К.А., Забелина О.Б.* Выявление факторов, влияющих на выбор организационно-технологических решений при строительстве объектов здравоохранения // Перспективы науки, 2022. № 9 (156), с. 68-73.

Студентка 2 курса 11 группы ИИЭСМ Якоби Е.А.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. экон. наук, доц. Забелина О.Б.

МОДУЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО: ОСОБЕННОСТИ И ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БЫСТРОВЫВОДИМЫХ ЗДАНИЙ

В современном мире перед строительной отраслью стоят такие требования как быстрота, экономичность, мобильность и экологичность возводимых зданий и сооружений, в связи с чем появилась новая технология строительства – модульное строительство.

Модульное строительство – это современная технология, позволяющая возводить здания и сооружения в короткие сроки с минимальными затратами. Данный метод строительства уже пользуется популярностью во многих странах мира, поскольку позволяет значительно сократить сроки возведения объектов и экономить на затратах [1, 2].

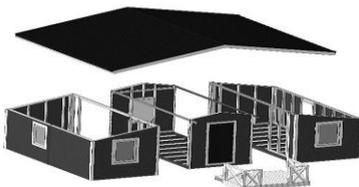


Рис.1 Модули одноэтажного здания

Создание модульных зданий и сооружений, как и при традиционном строительстве, можно разделить на несколько этапов:

1. Инженерно-строительные изыскания, проектирование и разработка. На первом этапе разрабатывается проект модульного здания или сооружения по параметрам заказчика, определяются его размеры, конфигурация, количество модулей и их расположение, выбирается материал для изготовления модулей.

2. Изготовление модулей. После проектирования начинается процесс изготовления модулей – для этого могут использоваться различные материалы: металл, дерево, пластик или их комбинация, в зависимости от требуемой прочности и долговечности здания. Во второй этап входит:

- Монтаж каркаса. Далее происходит сборка и монтаж каркаса модульного здания, который обеспечивает прочность и устойчивость конструкции, поэтому каркас создают преимущественно из металлических конструкций.
- Установка стен и крыши. На следующем этапе устанавливаются стены и крыша модульного здания: в основном стены внутри

отделаны досками или сэндвич-панелями, используют минераловатный утеплитель толщиной от 50 до 100 мм.

- Прокладка коммуникаций. Затем прокладываются все необходимые коммуникации: электричество, водопровод, канализация, вентиляция и отопление.
- Внутренняя отделка. После прокладки коммуникаций выполняется внутренняя отделка модульного здания: устанавливается сантехника, электрика, осветительные приборы, мебель и т.д.
- Тестирование и проверка. В конце процесса производства модульного здания проводится проверка всех систем и коммуникаций на работоспособность.

3. Транспортировка и установка. Завершающим этапом является транспортировка модульного здания на место его установки и монтаж на подготовленный фундамент или площадку.

4. Сдача объекта в эксплуатацию. После установки модульного здания производится его сдача в эксплуатацию, оформляется необходимая документация и проводится инструктаж для пользователей.

У данной технологии возведения зданий и сооружений имеются свои особенности. Так, модули должны быть легко интегрируемыми и совместимыми друг с другом, что требует тщательного проектирования, а это, в свою очередь, может быть сложным и дорогостоящим процессом [3]. Кроме того, модули могут быть тяжелыми и требовать специальный фундамент, который должен быть рассчитан на вес и нагрузку модулей, и специальный транспорт и оборудование для установки и транспортировки на строительную площадку. Также модульная конструкция может затруднить адаптацию здания к изменяющимся требованиям и нуждам пользователей, так как чаще всего модульные здания являются типовыми [4].

Однако, с развитием технологий и появлением новых материалов и методов строительства, многие из этих трудностей становятся менее значимыми, так как модульное строительство имеет значительные преимущества перед традиционным возведением зданий и сооружений [5]:

- Высокая скорость строительства: модульные здания собираются из готовых элементов, что позволяет значительно сократить сроки строительства.

- Низкая стоимость: модульное строительство обходится дешевле традиционного, так как не требует сложных земляных работ и использования тяжелой техники.

- Мобильность и универсальность: модульные здания легко демонтируются и перевозятся на новое место, что делает их идеальными для временных или удаленных объектов.

- Экологичность и безопасность: при модульном строительстве используются экологически чистые материалы и современные технологии, что обеспечивает высокую энергоэффективность и пожаробезопасность объектов.

- Инновации в архитектуре: модульные технологии позволяют создавать уникальные объекты с учетом индивидуальных требований заказчика и реализовывать инновационные архитектурные проекты.

Модульное строительство – относительно новое направление возведения зданий и сооружений, представляющее собой инновационный подход к строительству. Как и во многих технологиях модульное строительство имеет как преимущества, так и недостатки, но все-таки данное направление в строительной сфере является многообещающим и активно развивается и интегрируется в нашу жизнь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Цыгулев Д.В., Сабитов Р.Б.* Современное состояние и анализ развития модульно-блочного строительства. // Вестник Северо-Казахстанского Университета им. М. Козыбаева. 2020;(1 (46)):204-210.
2. *Н.М. Дементьев, В.А. Волкодав, И.А. Волкодав, И.Д. Титова* // Перспективы развития и нормирования модульного строительства в России с учетом зарубежного опыта. // Инженерный вестник Дона. – 2023. – №4
3. *Забелина О.Б., Забелин Н.В.* Специфика прединвестиционной подготовки строительства (реконструкции) медицинских учреждений, имеющих отделения лучевой диагностики // Наука и бизнес: пути развития. 2019. №1 (91). С. 108-112.
4. *Головин К.А., Забелина О.Б.* Выявление факторов, влияющих на выбор организационно-технологических решений при строительстве объектов здравоохранения // Перспективы науки, 2022. № 9 (156), с. 68-73.
5. *Головин К.А., Забелина О.Б.* Анализ значимости факторов, влияющих на выбор организационно-технологических решений при строительстве объектов здравоохранения // Components of Scientific and Technological Progress, 2023. № 5 (83), с. 51-58.

*Студент магистратуры 1 года обучения 5 группы ИДО Марьясин Д.В.
Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. экон. наук, доц. И.Н.
Дорошин*

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ

В статье показано, что большой процент жилищного фонда РФ представлен панельными домами массовых серий застройки 1960-1980-х годов, который строился с заниженными показателями нормативных требований термического сопротивления ограждающих конструкций, вследствие длительного срока эксплуатации зданий испытал физический и моральный износ.

Важное место в защите зданий от воздействия атмосферных явлений окружающей среды, повышенные их энергоэффективности и придание современному облику устаревшим объектам занимают навесные вентилируемые фасады (НПФ).

Во всем мире здания потребляют около 40% общей первичной энергии, в ЕС до 36% от общей суммы выбросов CO₂ поступают из зданий. Строительная ветвь хранит огромные резервы энергосбережения и уменьшения выбросов парниковых газов.

Для наружного утепления стен дома используются два основных способа: «мокрый» фасад и «сухой» вентилируемый фасад. Каждое технологическое решение имеет свои достоинства и недостатки. У профессиональных строителей, инвесторов, конструкторов и архитекторов вызывают большой интерес навесные вентилируемые фасады (НПФ), характеризующиеся широкой цветовой палитрой облицовки фасадов, долговечностью и энергоэффективностью.

Тепломодернизация жилых домов обеспечит экономию энергии на уровне 40-60 % от их существующего на сегодняшний день энергопотребления.

Монтаж наружного фасада производится на специальные подсистемы в виде каркаса из деревянного бруса или металлического профиля. Требования к проектированию НПФ предусматривают устройство надежного навесного каркаса, теплоизоляционного слоя, отделку промышленными элементами, воздушную прослойку фиксированной толщины между слоями теплоизоляции и отделочными элементами с обязательным обеспечением его вентиляции.

На рис 1 приведен фрагмент внешнего вида конструкторско-технологической схемы наиболее распространенной сборной системы НПФ с вентилируемой воздушной прослойкой.

Для крепления направляющих навесной системы фасада к стене используются разнообразные крепежные элементы (заклепки; дюбеля; анкерные болты; санки; столики; и т.п.).

Благодаря зазору между утеплителем и фасадом здания сходящие потоки воздуха легко циркулируют за фасадом, подсушивая при этом слои утеплителя в случае попадания на них влаги и потенциальной влаги, которая может поступать из стены дома, например из газобетонной стены.



Рис. 1. Фрагмент стены с навесным вентилируемым фасадом

Технология устройства НПФ предусматривает следующую последовательность выполнения работ:

- подготовку поверхности стены и разметку для сверления отверстия под установку крепежных изделий;
- разметка и монтаж терморазрывов и кронштейнов;
- монтаж утеплителя и гидроветробарьера;
- монтаж вертикальных или горизонтальных направляющих профилей;
- монтаж конструкций, необходимых для установки: парапетов, оконных откосов и т.д.;
- монтаж облицовочных элементов (панелей, керамогранитных плит и т.п.).

Сегодня на строительном рынке присутствует большое количество разнообразных индустриальных облицовочных элементов, обеспечивающих высокую долговечность фасада, архитектурную выразительность фасада здания, оптимальные затраты материальных и трудовых ресурсов.

Использование фотоэлектрических модулей на фасаде здания – это инновационный мировой тренд. Получение солнечной энергии позволяет снизить негативное влияние объекта на окружающую среду за счет сокращения выбросов CO₂ и других загрязняющих веществ, сопровождающих выработку электроэнергии из традиционного ископаемого топлива.

Текстильные (или тканевые) вентилируемые фасады появились в европейских странах относительно недавно. Такие фасады используются в строительстве при отделке фасадов построек различного назначения:

магазинов, складских помещений, спортивных и административных объектов, для облицовки фасадов гостиниц, промышленных объектов, торговых центров.

К не менее важным преимуществам вентилируемых фасадов следует отнести возможность применения и реализации любых архитектурных идей. НПФ обеспечивает высокий уровень снижения шума (минимум на 20 дБ), высокую скорость монтажа в любое время года, экономию затрат на кондиционирование здания, длительный срок эксплуатации, легкую процедуру реставрации, ремонта, устойчивость к атмосферным явлениям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дорошин И.Н., Синенко С.А., Гергоков И.Х.* Обобщение опыта выбора организационно-технологических решений при возведении зданий, Журнал "Инженерный вестник Дона", № 12, 2020
2. *Крутилин А.Б.* Особенности проектирования вентилируемых фасадных систем теплоизоляции в наружных стенах из ячеистого бетона. Матер. НПК Минск, 19-20 Мая 2021 года, «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения», -С.122-128.
3. *Назиров Р. А., Белов Т. В.* Влияние сопротивления теплопередачи утеплителя на распределение температурных полей в стеновых ограждениях с вентилируемыми фасадами // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2014. Vol. 7. №2. P. 207-213.
4. *Протасевич, А.М.* Классификация вентилируемых фасадных систем. Влияние теплопроводных включений на их теплозащитные характеристики / А.М. Протасевич, А.Б. Крутилин // Инженерно-строительный журналчик. – 2011. – № 8. – С. 57-62.
5. *Дорошин И.Н., Драгич М.* Особенности энергоэффективности и зарубежный опыт применения энергоэффективных фасадных систем в жилищном строительстве. Журнал "Инженерный вестник Дона", № 6, 2022

Студент 4 курса 12 группы ИПГС Тихонов А.А.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. экон. наук, доц. Дорощин И.Н.

КОНСТРУКТИВНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ УСТРОЙСТВЕ НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ С УЧЕТОМ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ

В данной статье рассмотрена актуальная тема устройства навесных вентилируемых фасадов в многоэтажных и жилых зданиях. Статья охватывает влияние различных факторов для конструктивных и технологических решений. Проанализированы современные технологии и требования к экологичности, что позволяет обеспечить оптимальное сочетание функциональности, безопасности и внешнего вида фасада в соответствии с требованиями заказчика и современными стандартами строительства.

В последние десятилетия навесные вентилируемые фасады стали широко распространенным решением для облицовки многоэтажных жилых зданий. Их популярность обусловлена не только эстетическими преимуществами, но и функциональными характеристиками, такими как защита от воздействия внешних факторов, улучшенная тепло- и звукоизоляция, а также обеспечение вентиляции [5].

Однако, проектирование и монтаж навесных вентилируемых фасадов требуют комплексного подхода и учета множества факторов, начиная от климатических условий и географического расположения до экономических и эстетических предпочтений.

Целью данной работы является анализ основных конструктивных и технологических аспектов, необходимых для успешного устройства навесных вентилируемых фасадов в многоэтажных жилых зданиях.

При проектировании навесных вентилируемых фасадов необходимо учитывать различные характеристики материалов, такие как прочность, устойчивость к внешним воздействиям, эстетические свойства и экологическую безопасность. Разнообразие доступных материалов, включая натуральный камень, керамическую плитку, металлические панели и композитные материалы, предоставляет возможность выбора оптимального решения для каждого конкретного проекта.

Рассмотрим устройство навесного вентилируемого фасада на примере облицовки из металлических кассет. Оно включает в себя ряд конструктивных и технологических решений, которые обеспечивают его надежность, эстетичность и функциональность.

Основой для навесного вентилируемого фасада является несущая конструкция здания. Для монтажа металлических кассет используются специальные крепежные элементы, такие как кронштейны подсистемы (рис. 1), которые могут быть закреплены на несущей стене здания.



Рис. 1. Крепление кронштейна

Для надежного крепления металлических кассет к несущей конструкции здания используются специальные крепежные элементы, такие как уголки, заклепки или винты. Важно обеспечить правильное распределение нагрузок и учитывать возможные деформации материалов [4].

Внутри навесного фасада создается воздушный зазор (рис. 2), который, благодаря перепаду давления, работает по «принципу действия вытяжной трубы». В результате чего из ограждающей конструкции в окружающую среду удаляется атмосферная и внутренняя влага.



Рис. 2. Расположение воздушного зазора

Для обеспечения энергоэффективности здания под металлическими кассетами может быть уложен слой теплоизоляции [1]. Это помогает снизить теплотери и улучшить теплосбережение. А также, важно предусмотреть герметичное соединение между металлическими кассетами и несущей конструкцией для защиты от

проникновения влаги внутрь фасада. Для этого могут использоваться герметики, уплотнители и специальные гидроизоляционные пленки.

Облицовочные элементы из металла могут быть покрыты специальными защитными покрытиями, такими как порошковая краска или анодирование, которые обеспечивают защиту от коррозии, ультрафиолетового излучения и механических повреждений.

Металлические панели легкие и с помощью них можно создать различные декоративные эффекты, добавить текстуры, рельефы и цветовые акценты, что делает фасад эстетически привлекательным и оригинальным.

Устройство навесных вентилируемых фасадов – это сложный и многоэтапный процесс, требующий глубокого понимания конструктивных, технологических и эстетических аспектов. Правильный выбор материалов, системы крепления и вентиляционных решений, соблюдение строительных норм и стандартов, а также учет индивидуальных особенностей каждого проекта позволяют создавать качественные и эффективные фасадные конструкции, соответствующие современным требованиям и ожиданиям заказчиков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Денисова Ю.В.* Выбор эффективного утеплителя в конструкции навесных вентилируемых фасадов. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. М: Белгород, 2013. 5 с.
2. *Маклакова Т.Г.* Конструкции гражданских зданий: учебник / *Т.Г. Маклакова, С.М. Нанасова.* - М.: Изд-во АСВ, 2000. 380 с.
3. *Жуков А.Д.* Системы вентилируемых фасадов / *А.Д. Жуков* // Научно-практический Интернет-журнал «Наука. Строительство. Образование». 2012. № 1.
4. *Ватин, Н.И.* НВФ: основные проблемы и их решения / *Н.И. Ватин, Д.В. Немова* // Мир строительства и недвижимости. 2010. № 36. 60 с.
5. *Дорошин И.Н., Драгич М.* Особенности энергоэффективности и зарубежный опыт применения энергоэффективных фасадных систем в жилищном строительстве. Журнал "Инженерный вестник Дона", № 6, 2022

Студент 2 курса 4 группы ИДО **Шишонков Д.Б.**

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. экон. наук, доц. **И.Н.**

Дорошин

СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И СТРАН
АФРИКИ В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ, ИЗГОТОВЛЕНИЮ
И ПРИМЕНЕНИЮ ДРЕВЕСНЫХ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ

В 21 веке западные страны продолжают осуществлять экономическое, политическое и культурное влияние на колонизированные или бывшие колонизированные страны вопреки воле населения. Саммит Россия – Африка – переговоры высокого уровня с участием представителей делегаций африканских стран и России, с участием президента России В. Путина. В пункте 42 декларации саммита указано – *"Приветствовать содействию развитию производственно-сбытовых цепочек и наращиванию взаимного производственного и экспортного потенциала промышленной продукции с добавленной стоимостью."*

В промышленности наиболее распространены следующие виды материалов из дерева: древесные бруски и доски: используются для строительства стен, перекрытий, полов и других конструкций; древесностружечные плиты (ДСП) и древесноволокнистые плиты (ДВП); древесно-полимерные композиты (ДПК); фанера высокой прочности, смолы для пропитки древесины [1-2].

Африка богата разнообразием древесных пород, предоставляя широкий выбор строительных материалов. Основные виды деревьев, используемых в строительстве, включают: ироко, махагони, тик.

Африканское дерево обладает рядом уникальных строительных характеристик, делающих его привлекательным для использования в различных строительных проектах:

Прочность: Многие виды африканского дерева обладают высокой прочностью устойчивостью к влаге, стойкостью к насекомым и гниению

Древесина с высокой плотностью и устойчивостью к влаге играет ключевую роль в строительстве различных типов зданий, особенно в условиях с повышенной влажностью или в зонах с тяжелыми климатическими условиями, такими как тропики или субтропики.

Основными характеристиками древесины являются твердость, плотность и стабильность [3-4].

Твёрдость древесины обычно определяется методом Бринелля.

Плотность древесины. Породы с малой плотностью (менее 510 кг/м³; породы средней плотности (550-740 кг/м³), породы с высокой плотностью (выше 750 кг/м³).

Стабильность древесины. Условные обозначения стабильности древесины при воздействии влаги:

5 – абсолютно стабильная (древесина не деформируется даже при больших перепадах влажности воздуха) до 1 – не стабильная (древесина значительно деформируется при небольших перепадах влажности воздуха);

Название	Твердость Бринелля кгс/мм ²	Стабильность	Плотность кг/м ³
Берёза	3	3	540-700
Дуб	3,7-3,9	4	600-930
Лиственниц	2,5	2-3	950-1020
а			
Сосна	2,5	2-3	400-500
Ироко	3,5	5	420-670
Махагон	5	3	400-700
Тик	3,5	5	440-820

Можно видеть уникальные, по сравнению с российской древесиной характеристики. еще предстоит открытий по материаловедению и инновационному применению строительных материалов из такого дерева. Вот основные востребованные направления:

Древесина с высокой плотностью и устойчивостью к влаге играет ключевую роль в строительстве различных типов зданий, особенно в условиях с повышенной влажностью или в зонах с тяжелыми климатическими условиями, такими как тропики или субтропики. Вот несколько типов зданий и областей строительства, где такая древесина особенно важна: жилые дома и коттеджи, морские причалы и пирсы, террасы и патио, бассейны и сауны, уличная мебель и ландшафтный дизайн

Деятельность российских промышленных компаний в Африке осуществляется примерно по 100 направлениям; их можно классифицировать на несколько групп:

1. работающие промышленные предприятия, созданные на основе отечественных проектных решений и с использованием отечественного оборудования, в основном в сырьевом, энергетическом и телекоммуникационном секторах,
2. строящиеся промышленные объекты с российскими технологиями,
3. поставки несырьевой, непродовольственной российской промышленной продукции,

4. научно-инжиниринговые услуги.

Сотрудничество между Россией и странами Африки в области такой промышленности является перспективным и взаимовыгодным направлением сотрудничества.

В Африке существует значительный потенциал для развития заводов по обработке древесины, учитывая богатство лесных ресурсов и спрос на древесные материалы на мировом рынке. Ниже представлены некоторые типы заводов, которые могут быть эффективными в Африке:

Лесозаготовительные предприятия, пилорамы и цеха по производству древесины, включая бруски, доски, фанеру и другие строительные материалы, заводы по производству древесных композитов, заводы по производству обработанных древесных изделий.

Капитальное строительство в Африке представляет собой с одной стороны сложную инженерную задачу, требующую особого внимания к различным аспектам проектирования и строительства [5].

В России существует несколько крупнейших производителей деревообрабатывающих станков. Эти компании имеют многолетний опыт в производстве станков для работы с деревом и предлагают широкий ассортимент моделей, способных удовлетворить потребности различных отраслей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дорошин И.Н., Драгич М.* Особенности энергоэффективности и зарубежный опыт применения энергоэффективных фасадных систем в жилищном строительстве. Журнал "Инженерный вестник Дона", № 6, 2022
2. *Мавлюбердина А.Р., Хоцанян Д.Н.* Технологические особенности возведения многоэтажных жилых зданий из CLT-панелей, Известия КГАСУ, 2018, №1(43) с. 219-225.
3. СП 452.1325800.2019 Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций.
4. *P. Olynyk, R. Kazaryan, I. Doroshin, E.B. Tregubova* Aspects of Heuristic Method of Forming and Assessing the Plan of Contractor Works, «REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA», 3ª época. Año 15, № 42, 2024
5. *Doroshin I.N., Sinenko S.A.*, Economical Aspects of the Cost Regulation for the Construction of Buildings, E3S Web Conf., Volume 1079, Chapter 4, 2021, 052066

СТРОИТЕЛЬСТВО МНОГОЭТАЖНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ

Многоэтажные дома из дерева – это не фантастика, а уже реальность. Технологии строительства из этого материала постоянно развиваются, делая его все более прочным, надежным и безопасным. Сегодня возведение высотных зданий из дерева – это не только экологичный, но и экономичный тренд, который активно развивается во всем мире. Не боятся огня, землетрясений и не дают усадки. Прослужат вам минимум 50 лет без капитального ремонта. В 5 раз легче бетонных, что позволяет строить их быстрее, дешевле и на более легких фундаментах или уже существующих [1, 2].

Преимущества строительства многоэтажных деревянных домов:

Экологичность: Дерево – это возобновляемый ресурс, использование которого не наносит вреда окружающей среде. При этом оно обладает отличными теплоизоляционными свойствами, что позволяет снизить энергопотребление зданий.

Экономичность: Сроки строительства деревянных домов значительно короче, чем кирпичных или бетонных. Это позволяет сократить расходы на возведение объекта.

Прочность и надежность: Современные технологии обработки древесины делают ее невероятно прочным и долговечным материалом. Деревянные конструкции могут выдерживать большие нагрузки, не деформируясь и не разрушаясь.

Комфортный микроклимат: В деревянных домах всегда царит комфортная атмосфера. Дерево "дышит", создавая оптимальный уровень влажности и температуры.

Эстетика: Деревянные дома обладают неповторимой эстетикой, которая привлекает многих людей.

Материалы для строительства многоэтажных деревянных домов: CLT-панели [3]: Это многослойные панели из перекрестно-склеенной древесины. Они обладают высокой прочностью и могут использоваться для строительства зданий до 12 этажей. Преимущества:

Готовые к отделке: панели поставляются с уже готовой внешней и внутренней отделкой.

Точность: дверные, оконные проемы и отверстия для коммуникаций вырезаются с высокой точностью.

Стабильность: CLT-панели не подвержены усадке, что исключает деформацию конструкций.

Недостатки:

Чувствительность к влажности: при пересушивании возможны трещины на панелях.

Ограниченная огнестойкость: требуется дополнительная обработка огнезащитными составами. Установка детекторы дыма и огня, большое внимание уделять качеству электропроводки, регулярно заменять вышедшие из строя розетки, установка системы огнетушения в разных местах дома.

Влажность, грибок: Для предотвращения этих проблем нужно грамотно настраивать вентиляцию помещений, регулярная инспекция и устранение протечек кровли, использование осушителей воздуха.

Стоимость: CLT-панели дороже традиционных материалов деревянного домостроения.

LVL-брус: Это клееный брус, который используется для создания несущих каркасов зданий.

Древесина с клеевым соединением: Эта технология позволяет соединять отдельные элементы деревянных конструкций, делая их более прочными и надежными [4].

Наиболее активно многоэтажное деревянное домостроение развивается в следующих странах:

Австрия. В этой стране деревянные здания строятся уже несколько десятилетий. Здесь можно встретить многоэтажные жилые комплексы, офисы, гостиницы и даже школы, построенные из дерева.

Финляндия. В Финляндии деревянное домостроение также очень популярно. Здесь разработаны специальные технологии строительства деревянных домов в суровых климатических условиях.

Норвегия. В этой стране деревянные дома ценятся за свою экологичность и энергоэффективность. Здесь построены несколько деревянных небоскребов, самым высоким из которых является Mjøstårnet высотой 85 метров.



Рис.1. Деревянный небоскрёб Mjøstårnet

Лидерами в производстве современного строительного материала являются Швейцария, Австрия, Швеция, Германия, США и Канада.

Развитие многоэтажного деревянного домостроения в России: В России рынок многоэтажного деревянного домостроения только начинает развиваться. В 2024 году Минстрой РФ планирует утвердить новые нормативы, которые позволят возводить деревянные дома высотой до 12 этажей. ЖК «Соколики» возводится в городе Сокол, на ул. Советской. Здесь запланированы несколько 4-этажных домов из CLT-панелей [5].

Заключение:

Строительство многоэтажных домов из дерева – это перспективное направление, которое имеет все шансы стать доминирующим в будущем. Экологичность, экономичность, прочность и красота деревянных домов делают их привлекательными как для застройщиков, так и для покупателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Забелина О.Б., Парахина А.М.* Основные технологии, применяемые в эко-строительстве: преимущества и недостатки // Проектирование и строительство: Сборник научных трудов 3-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров (21 марта 2019 года)/ редкол.: Бакаева Н.В. (отв. ред.); Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2019. - 425 с.
2. *Забелина О.Б., Ле Чунг Хиёу* Основные мероприятия по снижению воздействия солнечной радиации на здания и сооружения в жарком климате // Проектирование и строительство: Сборник научных трудов 3-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров (21 марта 2019 года)/ редкол.: Бакаева Н.В. (отв. ред.); Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2019. - 425 с.
3. *Мавлюбердина А.Р., Хоцянян Д.Н.* Технологические особенности возведения многоэтажных жилых зданий из CLT-панелей, Известия КГАСУ, 2018, №1(43) с. 219-225.
4. *Забелина О.Б., Харичкова Е.В.* Учет факторов, влияющих на качество строительной продукции, при организационно-технологической подготовке строительства // Инженерный вестник Дона. 2020. № 5.
5. СП 452.1325800.2019 Здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРОНОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. Современное строительство стремится к оптимизации процессов и повышению эффективности труда. В этом контексте использование дронов и роботов становится ключевым фактором, который трансформирует традиционные методы строительства и открывает новые перспективы для строительной отрасли [1]. Авторами рассмотрено использование дронов в строительстве на некоторых этапах жизненного цикла объекта: инженерные изыскания; проектирование; строительство; эксплуатация; реконструкция, капитальный ремонт, снос и утилизация (ликвидация – для производственных объектов).

Ключевые слова. Дроны в строительстве, сокращение трудозатрат, жизненный цикл объекта.

Введение. Применение технологий играет весомую роль в улучшении процессов в современной строительной индустрии. Значительным инновационным шагом в этом направлении является использование беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА, дроны) [2]. Они предоставляют бесценные возможности для оптимизации и улучшения каждого этапа реализации строительного проекта, начиная с предварительного исследования геологии и экологии участка и заканчивая проведением строительного контроля. В статье изучается роль БПЛА в современной строительной практике, обсуждаются преимущества их использования, а также рассматриваются инновационные методы визуализации и анализа строительных проектов, основанных на данных, полученных с помощью дронов.

Анализ. Разработка строительного проекта начинается с предварительного исследования геологии участка, экологии территории и обеспечения предполагаемой стройплощадки инженерными, транспортными сетями и социально-бытовыми объектами. Использование БПЛА [3] для создания топографических планов обеспечивает безопасность и высокую результативность процесса: один дрон способен собрать точные данные, которые могут служить основой для разработки всего проекта. Информация, получаемая с помощью дронов, не ограничивается предварительными топографическими исследованиями. Применяя БПЛА, руководители строительной компании могут в режиме реального времени следить за обновлениями карты проекта и предоставлять эту информацию всем подразделениям.

До появления дронов застройщики осуществляли выбор места для строительства и анализировали все возможные риски, привлекая значительное число ИТР. Теперь благодаря БПЛА нет необходимости

вручную подниматься на высотные объекты и преодолевать сложный рельеф. Это экономит время и ресурсы, сокращает численность ИТР.

БПЛА обладают способностью быстро и точно доставлять необходимые инструменты и строительные материалы на заданные участки стройплощадки. Это позволяет сократить время транспортировки и улучшить общую эффективность строительных процессов.

Создание трехмерной модели стройплощадки при помощи БПЛА представляет собой инновационный метод визуализации и анализа строительных проектов. Эти модели могут быть использованы с целью более точного планирования строительных процессов, оптимизации размещения объектов на площадке и визуализации проекта для заказчиков и др. заинтересованных сторон.

Необходимо особо выделить технологию LiDAR (Light Detection and Ranging), при ее использовании расстояния измеряются подсчетом времени возвращения отраженного света на приемник [4]. Лидары способны работать с еще более высокой точностью, чем фотограмметрические камеры, позволяя наносить на схемы даже небольшие объекты.

Создание трехмерных моделей стройплощадки при помощи дронов улучшает точность проектирования, что в конечном итоге способствует снижению издержек и повышению качества выполненных работ.

С помощью БПЛА можно проводить мониторинг логистики транспортных узлов, отслеживание перемещения строительных материалов, а также выполнять расчеты строительных процессов, объемов выполненных работ и изменений в ходе строительства.

Использование дронов для обеспечения безопасности на стройплощадке улучшает оперативность реагирования на чрезвычайные ситуации и способствует созданию более безопасной рабочей среды. БПЛА могут регулярно осуществлять мониторинг стройплощадки с воздуха, что позволяет выявлять потенциальные дефекты в работе оборудования. Тепловизоры, которыми оборудованы дроны, делают возможным быстрое обнаружение потенциальных источников огня. Также с помощью дронов можно выполнять проверку соблюдения стандартов безопасности на стройплощадке, включая наличие необходимого снаряжения у рабочих, и патрулирование в ночное время, обнаруживая несанкционированный доступ к объекту строительства и предотвращая кражи или вандализм.

При применении БПЛА [5] могут возникать некоторые технические сложности. Дроны имеют ограничения по весу переносимого оборудования и дальности полета, что может усложнить их использование при реализации крупных строительных проектов или при

строительстве на удаленных участках. Кроме того, нельзя исключать вероятность технических сбоев в работе дронов. Но в целом использование БПЛА и роботов является неотъемлемым элементом инновационного развития строительной отрасли. Эти технологии улучшают строительные процессы, обеспечивают их безопасность и повышают качество проектов.

Выводы: Применение дронов в строительстве оправдывает себя благодаря высокоточному сканированию, эффективному сбору данных и оперативности в охвате больших участков. Это позволяет создавать точные трехмерные модели стройплощадок, оптимизировать планирование и размещение объектов, а также осуществлять мониторинг изменений во времени. Преимущества в виде повышенной безопасности, сокращения затрат времени и ресурсов значительно перевешивают возможные недостатки (ограничения по весу и дальности полета) применения дронов в строительстве и делают его целесообразным решением, особенно для крупных и комплексных проектов.

Дальнейшие исследования будут посвящены повышению производительности труда за счет сокращения трудозатрат при использовании дронов и роботов в строительстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Билонда Трегубова Е.* Техническое сопровождение строительного производства. Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры НИУ МГСУ. Москва, 2020. С. 1199-1201.

2. *Кавелин А.С., Тютинина А.Д., Нуриев В.Э.* Использование квадрокоптеров для обследования объектов // Инженерный вестник Дона. 2019. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N7y2019/6108.

3. *Кудасова А.С., Тютинина А.Д., Сокольникова Э.В.* Применение беспилотных летательных аппаратов в строительстве // ИВД. 2021. №8 (80).

4. *Носков И.В., Носков К.И., Тиненская С.В., Ананьев С.А.* Дронтехнологии в строительстве - современные решения и возможности // Вестник евразийской науки. 2020. №5.

5. *Погорелов В.А.* Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов в строительстве // ИВД. 2016. №1 (40).

НАВЕСНЫЕ ФАСАДНЫЕ СИСТЕМЫ

Навесные фасадные системы – это каркасные конструкции с закрепленными на них облицовочными панелями, устанавливающиеся с внешней стороны стены. Они являются декоративной отделкой здания, и, вместе с тем, создают дополнительную защиту стен, уменьшают их теплопотери [1]. Такие системы широко применяются при строительстве новых жилых и коммерческих зданий, а также при реконструкции старых домов и промышленных объектов.

Навесные фасады бывают двух типов: вентилируемые и невентилируемые. Любой вентилируемый фасад является навесным, и такая конструкция используется наиболее часто. Устройство вентилируемого фасада предполагает наличие технологического зазора между утеплителем и облицовкой для вентиляции и защиты от влаги. Утеплитель, в свою очередь, крепится вплотную к стене, и создает дополнительную теплозащиту (см. рис.1). Между стеной и слоем утеплителя укладывают пароизоляцию, а внешней стороны утеплителя – слой гидроизоляции.



Рис. 1. – Схема устройства навесного фасада.

Облицовка может быть выполнена из различных материалов: металла, различных полимеров, древесины, фиброцементных или

керамогранитных плит, клинкера и т.п. [4].

Они различаются по стоимости и внешнему виду. При выборе облицовки важно учитывать вес панелей, несущие способности стены, назначение здания, согласованность его внешнего облика с окружающей застройкой [2].

Условия эксплуатации навесных фасадов суровы, поэтому используются разнообразные профили и крепежные элементы. Каркасы должны быть проработаны в зависимости от облицовки из-за различий веса материалов. Варианты материала профилей и кронштейнов конструкции: алюминий, оцинкованная сталь, нержавеющая сталь. Внутри навесного фасада возможно присутствие влаги, что может способствовать коррозии металла, но это компенсируется защитным слоем цинка или использованием нержавеющей стали.

В качестве утеплителя обычно используют минераловатные плиты или стекловолоконные плиты [5]. Они эффективно справляются с влагой, не вызывают конденсации и предотвращают появление точки росы на стенах. Кроме того, они безопасны при монтаже и долговечны [3]. В min – наименьшая толщина минераловатной плиты.

Все навесные фасады, по сути, состоят из определенных блоков различного материала и являются модульными. Это очень удобно и практично при монтаже, что значительно ускоряет процесс.

Преимущества и недостатки использования навесных фасадов в жилых, административных или промышленных зданиях представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Достоинства и недостатки навесных фасадных систем.

№ п/п	Достоинства	Недостатки
1.	Создают дополнительную теплоизоляцию стен	Применение в качестве фасада или утеплителя материалов, не отвечающих требованиям пожарной безопасности
2.	Долговечны	Трудоемкость монтажа, требуется наличие высококвалифицированных рабочих
3.	Помогают скрыть дефекты стен, не требуется их дополнительная подготовка	Применение экологически вредных материалов в качестве облицовки или утеплителя
4.	Обеспечивают естественную вентиляцию	Неправильно выполненный монтаж, в результате чего скапливается влага внутри

- конструкции, что приводит к замоканию стены
5. Монтаж таких конструкций можно выполнять в течение всего года
- Необходимо выравнять конструкцию в процессе монтажа строго по уровню, избегать её перекосов

Важно помнить о нормах монтажа для полного проявления преимуществ фасадов, особенно в северных регионах с большими перепадами температур и влажой. При монтаже оставляют зазоры сверху и снизу конструкции для свободного тока воздуха. Нельзя монтировать навесные фасады на стенах из пустотелого кирпича, газобетона, имеющих ячеистую структуру.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Чэнь Сяни* Применение энергосберегающих технологий в строительстве // В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института промышленного и гражданского строительства. 2023. С. 671-673.
2. *Забелина О.Б., Ле Чунг Хиуе* Технологии энергосберегающего строительства в жарком климате // В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. 2019. С. 1334-1336.
3. *Забелина О.Б., Парахина А.М.* Основные технологии, применяемые в эко-строительстве: преимущества и недостатки // Проектирование и строительство: Сборник научных трудов 3-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Юго-Западный ун-т, Курск. 2019. – С. 168-171.
4. *Забелина О.Б., Лю Пэн* Облицовка стен керамическими плитками // В сборнике: Молодежь и XXI век - 2021. Материалы XI Международной молодежной научной конференции. 2021. С. 115-118.
5. *Абдураимова Х.Р.* Энергосберегающие технологии в строительстве // Вестник современной науки, 2017, № 2-1 (26), С. 49-54.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В последние годы эффективное использование энергетических ресурсов стало серьезной проблемой, стоящей перед всем обществом. Во всем мире уже давно ищут пути снижения энергопотребления за счет рационального использования ресурсов. Энергосберегающие технологии – это способы повышения эффективности использования энергии, включая альтернативные источники, например, использование солнечных батарей, ветрогенераторов, геотермальных источников.

Энергосберегающие технологии в жилищном строительстве включают в себя рациональные проектные решения, оптимизацию энергопотребления в здании, утепление окон, стен и крыш, экономичные системы отопления и охлаждения. Так, например, в домах старого жилищного фонда, где такие мероприятия не предусмотрены, возможны потери тепла в здании до 30 %, в основном, через внешние стены, зазоры в окнах и т.п. [1, 2].

Энергоэффективность зданий отражает коэффициент энергоэффективности. Каждому зданию, в соответствии с ним, присваивается класс энергоэффективности от А до Е. Класс А самый высокий, в таких зданиях потребление энергии снижено на 50-60 %. В зданиях класса В экономится до 30 % тепла, С – до 15 %. Классы ниже С – в основном это дома, относящиеся к существующей жилой застройке прошлых лет.

Для сохранения тепла в домах применяют различные энергосберегающие технологии – стены возводят из газобетона, пенобетона, пустотелых керамических материалов, с внешней стороны стены дома обшивают утеплителем из пенополистирола, минеральной ваты, и монтируют навесные вентилируемые фасадные системы [3].

При проведении реконструкции зданий надстраиваются дополнительные мансардные этажи, утепляется кровля.

Производят замену устаревших оконных и дверных блоков. Также эффективно показала себя установка системы теплого пола с подогревом.

С учетом всех норм и требований правильно спроектированный дом позволяет избежать мостиков холода в конструкции.

При строительстве энергоэффективных зданий очень важно их расположение относительно частей света. Максимальное количество окон и светопрозрачных конструкций должно быть обращено на южную

сторону. Следовательно, солнце будет нагревать фасад в течение дня, что позволит экономить затраты на отопление зимой. Еще один интересный способ помочь максимально эффективно использовать энергосберегающие технологии и естественное освещение — это световой корт или атриум. Они расположены внутри помещения и обеспечивают оптимальное естественное освещение всех помещений.

Наружные стены можно декорировать светоотражающими материалами. За счет изменения этажности и эффекта отражения окна, выходящие в светлый двор, получают больше освещения, что обеспечивает максимальную освещенность объектов дневным светом.

Интеграция гибких солнечных модулей в крыши позволяет рационально использовать квадратные метры для выработки электроэнергии (рис.1).



Рис. 1. Крыша здания с встроенными фотоэлементами.

Фотоэлектрические модули могут быть интегрированы в рулонные кровельные материалы, керамическую черепицу, металлические панели, окна и фасадные панели [4, 5]. Новая технология энергосбережения в зданиях — керамическая плитка со встроенными солнечными фотоэлектрическими элементами позволяет генерировать электроэнергию для питания дома. Вырабатываемая энергия может использоваться в автономных автономных системах или в общей сети. Постоянный ток, генерируемый фотоэлектрическими элементами, передается на преобразователь. Затем он преобразуется в переменный ток. Стоит отметить, что стоимость солнечной черепицы довольно высока, но меньше, чем стоимость установки солнечных батарей. Использование плитки с фотоэлементами оправдано в южных регионах России, где больше всего солнечных дней и редко выпадают снегопады

и осадки, мешающие работе фотоэлементов.

Итак, для повышения энергоэффективности здания можно предложить следующие мероприятия:

1. Заложить в проекте рациональную планировку и применение энергосберегающих материалов, правильно ориентировать дом относительно частей света;
2. Дополнительно утеплить внешние стены, окна, двери, пол и кровлю;
3. Установить энергосберегающие лампы, датчики движения для автоматического включения/ выключения ламп и электроприборов;
4. Продумать систему приточно-вытяжной вентиляции;
5. Установить дополнительные источники энергии, такие как гибкие солнечные модули на крыше, керамическую плитку с фотоэлементами и т.п.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Чэнь Сяни* Применение энергосберегающих технологий в строительстве // В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института промышленного и гражданского строительства. 2023. С. 671-673.
2. *Забелина О.Б., Ле Чунг Хиеу* Технологии энергосберегающего строительства в жарком климате // В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. 2019. С. 1334-1336.
3. *Забелина О.Б., Парахина А.М.* Основные технологии, применяемые в эко-строительстве: преимущества и недостатки // Проектирование и строительство: Сборник научных трудов 3-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Юго-Западный ун-т, Курск. 2019. – С. 168-171.
4. *Забелина О.Б., Лю Пэн* Облицовка стен керамическими плитками // В сборнике: Молодежь и XXI век - 2021. Материалы XI Международной молодежной научной конференции. 2021. С. 115-118.
5. *Абдураимова Х.Р.* Энергосберегающие технологии в строительстве // Вестник современной науки, 2017, № 2-1 (26), С. 49-54.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ ВБЛИЗИ ОТ ЗОНЫ ЗАСТРОЙКИ

С целью своевременного предотвращения развития возможных негативных сценариев и обеспечения механической безопасности зданий и сооружений в зоне нового строительства в условиях плотной городской застройки, необходимо рассчитывать его зону влияния и выполнить оценку фактического технического состояния существующих объектов, попадающих в ее границы.

Для определения фактического состояния объектов окружающей застройки проводится их техническое обследование, по результатам которого каждому объекту присваивается соответствующая категория технического состояния и, при необходимости, выполняются соответствующие компенсационные мероприятия. В рамках работ по обследованию объектов, попадающих в зону влияния нового строительства, визуальным и инструментальным методами проводится детальное обследование всех несущих строительных конструкций зданий (фундаменты, стены, лестницы, перекрытия, покрытие [1, 4]), а также сетей и коммуникаций.

Согласно [2], все выявляемые в рамках обследования дефекты и отклонения обязательно фиксируются и отражаются в техническом отчете, который выпускается по результатам обследования. В отчете обязательно дается оценка фактического технического состояния объекта обследования, основанная на зафиксированных дефектах, а также оценке физического износа согласно [3] и, при необходимости, поверочных расчетов. Фактическое техническое состояние зданий и сооружений бывает: нормативное, работоспособное, ограниченно-работоспособное и аварийное. Поскольку новое строительство связано с перемещением и изменением усилий в земляных массах (грунте), то, присваиваемая объекту окружающей застройки категория технического состояния должна также учитывать результаты изысканий грунтового основания [2]. В связи с любыми перемещениями/изменениями земляных масс, объекты, попадающие в зону влияния окружающей застройки, могут, хоть и малозначительно, но перемещаться. Для контроля допустимых перемещений в [2] есть понятие «предельная дополнительная деформация» (ПДД). ПДД для объектов, находящихся рядом со строительной площадкой, регламентированы в [2] с учётом категорий их технического состояния, указанных в приложении Д к [2] (табл. 1).

Таблица 1. – Категории технического состояния здания.

№ п/п	Категория технического состояния	Характеристика
1.	I (нормальное)	Здание соответствует проектным характеристикам и требованиям нормативной документации. Ремонтные работы не нужны.
2.	II (удовлетворительное)	Удовлетворяются нормы по предельным состояниям 1-й группы. Требуется текущий ремонт.
3.	III (неудовлетворительное)	Требования нормативной или проектной документации не выполняются, но опасность обрушения пока отсутствует. Необходимо усиление конструкций.
4.	IV (предаварийное или аварийное)	Конструкции нельзя эксплуатировать, возможно их обрушение. Пребывание в здании людей опасно.

В рамках практической оценки технического состояния объекта, расположенного в зоне влияния строительства, обследованию подлежало административное пятиэтажное здание с независимым подвалом под его частью. Здание прямоугольного очертания в плане с максимальными размерами 102 x 46 м. Высота здания 19,34 м. За отметку ±0.000 принята отметка чистого пола 1-го этажа. Здание построено в 1972 году и относится ко II (нормальному) уровню ответственности. Вертикальными несущими конструкциями здания служат железобетонные колонны. Перекрытия выполнены из сборных железобетонных ребристых плит по железобетонным ригелям. Фундаменты под колонны запроектированы столбчатые, под стены лестничных клеток и стены подвала – ленточные из ФБС.

Общий состав работ по обследованию: изучение архивной проектной, исполнительной, изыскательской и прочей технической документации по объекту обследования, сплошное визуальное обследование строительных конструкций, фундаментов, подготовка графических материалов, составление ведомости дефектов, проведение поверочных расчётов отдельных конструкций (при необходимости), фотофиксация, составление технического заключения по результатам обследования, содержащего выводы о категории технического состояния и о предельно допустимых дополнительных деформациях зданий, вызываемых влиянием нового строительства [6, 7].

В ходе обследования выявлены следующие дефекты и повреждения.

Стены и перегородки: шелушение штукатурно-окрасочного слоя, трещины в перегородках шириной раскрытия до 1÷5 мм, разрушение кирпичной кладки перегородок, следы замачивания и биопоражения штукатурно-окрасочного слоя стен, сколы бетона настенных панелей с оголением и поверхностной коррозией арматуры, локальное механическое разрушение конструкций стен (устройство отверстий). Колонны: разрушение защитного слоя бетона с оголением арматуры, сколы. Фундаментные блоки: разрушение штукатурно-окрасочного слоя, следы замачивания и высолы на поверхности. Наружные стеновые панели: трещины на наружной поверхности, локальные сколы. Общее состояние конструкций обследованного здания оценено следующим образом: стен - как работоспособное; перегородок - как ограниченно-работоспособное; колонн - как ограниченно-работоспособное, фундаментов - как работоспособное, фасадов – как работоспособное. С учетом всех выявленных дефектов и степени физического износа здания [3], ему присвоена, согласно [2], II категория технического состояния. ПДД для данного здания, согласно [2], не должны превышать: по относительной разности осадок 0,0018 мм и максимальной осадки 40 мм. С целью контроля возникающих в период нового строительства деформаций обследованного здания, необходимо организовать геодезический мониторинг, которых также должен продолжаться в течении от 1 года после завершения нового строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
2. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений».
3. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий.
4. *Забелина О.Б., Котов В.И.* Техническое обследование объекта культурного наследия Свято-Духовный храм в с. Шкинь Коломенского района // *Перспективы науки.* 2019. №12 (123). С. 116-122.
5. *Забелина О.Б., Кунин Ю.С.* Выбор способа усиления кирпичных вертикальных конструкций после детального технического обследования объекта федерального государственного бюджетного учреждения культуры «Политехнический музей» // *Наука и бизнес: пути развития.* 2018. №11 (89). С.102-107.
6. *Кунин Ю.С., Забелина О.Б., Забелин Н.В.* Техническое обследование мозаичного пола типа террасцо при проведении реконструкции павильона «Земледелие» ВДНХ // *Перспективы науки.* 2020. №2 (125). С. 35-41.
7. *Забелина О.Б., Котов В.И.* Восстановление объекта культурного наследия церкви Святых Петра и Павла в г. Белый Тверской области // *Перспективы науки.* 2019. №2 (113). С. 79-85.

ШТУКАТУРНЫЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Штукатурные работы относят к отделочным.

Штукатурка – строительный материал, применяемый для покрытий стен и потолков. С помощью её выравнивают стены, защищают их от воздействий внешней среды, создают декоративное покрытие. Штукатурка бывает *монолитная*, которую наносят непосредственно на стену, и *сухая* (гипсокартонные листы) [1].

Классификация штукатурки представлена в таблице 1.

Таблица 1. – Виды штукатурки.

№ п/п	Вид штукатурки	Применение
1	Обычная	В нормальных условиях
2	Специальная	В специальных условиях (гидроизоляционные, рентгенозащитные, защита от шума, химических воздействий и т.п.)
3	Декоративная	Для декоративной отделки фасадов зданий и внутренних помещений

Обычную штукатурку делят на простую, улучшенную и высококачественную. Простая выполняется в два слоя – обрызг и грунт. Улучшенная в три слоя – обрызг, грунт и накрывка. Высококачественная – в 4 слоя: обрызг, два слоя грунта и накрывка.

Простую штукатурку используют в нежилых помещениях. Улучшенную – в жилых и общественных зданиях. Высококачественную – в музеях, гостиницах и т.п.

Прежде чем приступить к штукатурным работам, необходимо провести некоторые приготовления, чтобы обеспечить плавный ход строительства. Необходимо подготовить инструменты и материалы.

Шпаклевка: используется для равномерного распределения штукатурки по поверхности стены.

Грунтовка: используется для основания стены перед началом строительства для улучшения адгезии штукатурки.

Наждачная бумага: используется для полировки стены после строительства.

Линейка и уровень: используются для измерения плоскостности стены.

Широкая лента: используется для защиты углов и других мест, не требующих штукатурки.

Прежде всего необходимо проверить, соответствует ли ровность и структура стены проектным требованиям, следует убедиться, что стена чистая.

Обработка базового слоя.

Первым этапом оштукатуривания конструкции является проведение обработки основания [2, 3].

Обычно в качестве основного материала используется цементный раствор, который смешивается в соответствии с проектными требованиями для получения однородного раствора. Для обрызга и грунта внутри помещения используют пропорции цемента к песку 1:3 или 1:4. Затем наносят приготовленный раствор на стену (рис.1).



Рис 1. Нанесение штукатурки на кирпичную стену.

Используется шпатель, чтобы уплотнить и сжать его, чтобы он полностью соприкасался с основанием, и сделать поверхность гладкой, чтобы стена была ровной, вертикально и горизонтально.



Рис.2. Штукатурные работы.

Обработка штукатурным слоем (рис.2).

Перед нанесением штукатурки приготовленный штукатурный раствор следует кратковременно перемешать, чтобы частицы в растворе распределились равномерно [4].

Затем наносят раствор и используют такие методы, как придание шероховатости, уплотнение и постукивание, чтобы раствор полностью контактировал с основанием и предыдущей оштукатуренной поверхностью.

Разглаживающая процедура. После завершения штукатурных работ стену необходимо выровнять.

Затирачная обработка заключается в нанесении краски на всю поверхность стены для придания ей однородного цвета.

Перед выравниванием стену необходимо отшлифовать, чтобы убрать неровные участки поверхности стены.

Затем с помощью шпателя наносят краску на стену определенной толщины и равномерно распределяют краску с помощью шпателя, чтобы вся стена имела однородный и гладкий цвет.

Подводя итог, можно сказать, что штукатурка является неотъемлемой частью строительных проектов [5].

Важность этой отделочно-декоративной работы после завершения строительства очевидна.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Забелина О.Б., Котов В.И.* Восстановление объекта культурного наследия церкви Святых Петра и Павла в г. Белый Тверской области // *Перспективы науки.* 2019. №2 (113). С. 79-85.
2. *Забелина О.Б., Парахина А.М.* Основные технологии, применяемые в эко-строительстве: преимущества и недостатки // *Проектирование и строительство: Сборник научных трудов 3-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Юго-Западный ун-т, Курск.* 2019. – С. 168-171.
3. *Забелина О.Б., Лю Пэн* Облицовка стен керамическими плитками // В сборнике: *Молодежь и XXI век - 2021. Материалы XI Международной молодежной научной конференции.* 2021. С. 115-118.
4. *Кунин Ю.С., Забелина О.Б., Забелин Н.В.* Техническое обследование мозаичного пола типа террасцо при проведении реконструкции павильона «Земледелие» ВДНХ // *Перспективы науки.* 2020. №2 (125). С. 35-41.
5. *Абдураимова Х.Р.* Энергосберегающие технологии в строительстве // *Вестник современной науки,* 2017, № 2-1 (26), С. 49-54.

СЕКЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА

Студент 4 курса 1 группы ИПГС Акимов Л.В.

Научные руководители – проф. каф. ТОСП, д-р. техн. наук, проф. П.П. Олейник, проф. каф. ТОСП, канд. техн. наук, проф. Б.В. Жадановский и ст. преп. каф. ТОСП Л.А. Пахомова

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОБЪЕМНЫХ БЛОКОВ

Подземная урбанистика, т.е. использование подземного пространства, – неотъемлемый элемент архитектурно-пространственной организации современного большого города.

В этом отношении освоение подземного пространства открывает значительные возможности. Подземные сооружения не только позволяют сэкономить территорию, но и обладают рядом преимуществ, среди которых относительно низкие эксплуатационные и экономические затраты на отделку, а также более длительный срок службы по сравнению с надземными зданиями и сооружениями [1].

В условиях дефицита городских территорий под землей могут быть размещены тоннели для транзитных транспортных магистралей, которые дублируют городские улицы с интенсивным движением транспорта, пешеходные переходы, транспортные развязки, автомобильные гаражи и стоянки, объекты социально-культурного, торгового и административного назначения, трансформаторные станции и многие другие технические сооружения.

Для эффективного и быстрого освоения подземного пространства города необходимо обратиться к новым строительным технологиям [2].

Одним из перспективных и быстро развивающихся направлений в строительстве является использование крупногабаритных объемных блоков из железобетона – изготовленных на заводе-производителе тонкостенных модулей [3]. В частности, на территории города Москва существует «Комбинат инновационных технологий – МонАрх», технологии и основные конструктивные решения которого будут рассматриваться в этой статье. Максимальные размеры выпускаемых Комбинатом крупногабаритных модулей: длина – 15,5 м, ширина – 6,5 м, высота – 3,55 м.

С точки зрения подземного строительства крупногабаритные модули имеют ряд преимуществ:

1) Сокращение сроков производства работ – с завода модули приезжают на стройплощадку с готовностью ~ 80% и нет необходимости ждать набора прочности, как с монолитным железобетоном. В городских условиях скорость производства подземных работ имеет большое

значение, так как они зачастую связаны с ограничениями движения и увеличением трафика на соседних улицах.

2) Высокое качество готовых изделий – в заводских условиях снижается влияние атмосферного и человеческого фактора, а также повышается качество и стабильность состава бетонной смеси.

3) Экономичность и низкие трудозатраты – на заводе используется конвейерный метод, который требует меньшего количества трудозатрат, чем монолитное строительство.

4) Быстрые сроки проектирования – применение типовых решений позволяет снизить время и затраты на проектирование.

Также объемные модули имеют ряд недостатков по сравнению с железобетоном:

1) Для доставки модулей к месту строительства необходимо специальное сопровождение и подходящая дорога, так как габариты модулей больше ширины полосы ($6,5 \text{ м} > 3,75 \text{ м}$).

2) В модулях имеются швы в местах стыковки стеновых панелей и плит перекрытия, что требует повышенного контроля качества изделий на заводе и дополнительных затрат на гидроизоляцию.

В настоящее время технологии проектирования и строительства крупногабаритных модулей стремительно развиваются. Вместе с ними развивается и нормативная база, что в скором времени позволит использовать крупногабаритные модули не только при строительстве жилых зданий и сооружений, но и в подземном строительстве [4].

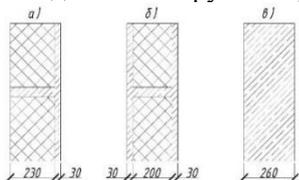


Рис.1. Типовые сечения наружных стен толщиной 260мм

С конструктивной точки зрения в подземных сооружениях возможно использовать два типа стен: полнотелые и трехслойные. Двуслойный тип стен (рис. 1,а) нельзя использовать в подземном строительстве, так как минераловатный утеплитель, заложенный внутрь стен для теплоизоляции и снижения веса конструкции, с внешней стороны модуля не защищен от агрессивного воздействия грунта и подземных вод, тогда как в трехслойных (рис. 1,б) и полнотелых (рис. 1,в) типах стен наружным слоем является железобетон.

Ниже приведен расчет типового модуля (рис.2) на воздействие грунтовой нагрузки. В качестве расчетного значения удельного веса грунта было принято среднее значение грунта обратной засыпки $\gamma=1,81 \text{ т/м}^3$.

Мозаика напряжений в пластинчатых элементах приведена на рис.2. Анализируя полученные результаты, рекомендуется в качестве основания использовать монолитный фундамент, устроенный по технологии утепленной шведской плиты, а уже на него устанавливать модульную конструкцию.



Рис.2. Модель типового модуля, построенная в ПК ЛИРА Софт и мозаика усилий

Реализация идеи подземной урбанистики с использованием крупногабаритных модулей в современных условиях необходима и возможна как в Москве, так и в других крупных городах [5]. При этом требуется тщательное рассмотрение социально-экономических и градостроительных условий и выполнение комплекса прединвестиционных исследований с учетом состояния инвестиционного рынка, технических возможностей строительных организаций, сложившейся системы инженерной инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

8. *Хубаев А.О., Саакян С.С., Макаев Н.В.* Мировая практика в области модульного строительства // *Construction and Geotechnics*. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 99-108.
9. *Гнедова Н.П.* Новые технологии модульного строительства // *Аллея науки*. – 2018. – Т. 2, № 8(24). – С. 421-424.
10. *Суворова Н.А., Талалаева Э.О.* Модульное строительство // *Студенческий научный поиск - науке и образованию XXI века : Сборник трудов конференции, Рязань, 23 апреля 2021 года*. – г. Рязань: Современный технический университет, 2021. – С. 103-107.
11. *Кочерженко А.А.* Подземная урбанистика и перспективные методы возведения подземных и заглубленных сооружений в современных городах // *VI Международный студенческий строительный форум - 2021: Сборник докладов. В 2-х томах, Белгород, 26 ноября 2021 года. Том 1*. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 173-177
12. *Карелин Д.В., Куриленко А.Г.* Функциональная классификация и практики развития подземной урбанистики // *Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин)*. – 2019. – Т. 72, № 22-2. – С. 84-94.

ПРИМЕНЕНИЕ ТИМ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА

Современная строительная отрасль давно шагнула на следующий этап и плавно переходит со устаревших технологий, таких как САД, на более современные и технологические решения, как ТИМ (ВІМ). Если разбираться в чем же главное отличие новых решений от старых, в первую очередь, современные технологии дают возможность формировать комплекс всех сведений об объекте строительства, а также централизовать и систематизировать рабочие процессы на всех этапах жизненного цикла объекта. Помимо этого, включают в себя важнейшие показатели для строительства, это стоимость и время, необходимые на всех этапах жизненного цикла.

Преимущества и недостатки использования ТИМ на всех этапах жизненного цикла объекта. Начнем с того, что жизненный цикл включает промежуток времени от задумки проекта до его утилизации. Основным преимуществом ТИМ на этапе задумки является снижение рисков и затрат, а также уменьшение времени для перехода на следующий этап. Это достигается путем создания прототипа, для своевременного выявления проблем данного объекта. Следующим этапом жизненного цикла является проектирование, в нем ТИМ может сыграть важную роль. Плюсами применения ТИМ на этом этапе является: уменьшение времени, потраченного на проектирование, изыскания и на получение разрешения на строительство, что в целом сокращает сроки на этом этапе. Одним из важнейших плюсов на этапе проектирования является систематизация рабочего процесса, а также улучшение качества итогового продукта. Следующим ключевым этапом жизненного цикла является возведение здания или же строительство, тут главным плюсом ТИМ является улучшение качества и точности строительных работ, уменьшение технико-экономических затрат, улучшение координации рабочей силы, сокращение сроков проведения работ, улучшение безопасности на строй площадке и снижения ущерба наносимого окружающей среде. Предпоследним этапом является ввод в эксплуатацию, тут ТИМ может принести ряд положительных новшеств, которые помогут улучшить процесс эксплуатации. Таких как оптимизация энергопотребления, улучшение и упрощения обслуживания здания и сооружения и повышение уровня безопасности. Последним заключительным этапом жизненного цикла является снос и утилизация объекта капитального строительства. В нем ТИМ помогает нам эффективно планировать и управлять процессом сноса, а также

предотвратить негативные последствия. Основными минусами ТИМ на всех этапах является: трудность переквалификации и обучению персонала программам использующих ТИМ, а также сложность интеграции ТИМ в уже существующие системы, риски связанные с кибербезопасностью и высокие затраты на внедрение.

Одним из важнейших аспектов ТИМ является возможность интеграции с ним новых технологий таких как дроны для дистанционного зонирования и создание трехмерной модели местности с помощью технологии LIDAR [1]. Интеграция с мобильными устройства для более точной и удобной работы на местности при возведении объекта капитального строительства и для упрощения проведения инженерных изысканий. Создание общей облачной базы данных, для дальнейшего эффективного использования накопленной информации с целью упрощения дальнейшей работы по данному объекту и для смежных ему сооружений [2]. Интеграция ТИМ с ИИ позволит прогнозировать и обрабатывать большие объемы данных и предсказывать риски и возможные сценарии дальнейшего развития объекта недвижимости, а также улучшить логистику и построить более надежную транспортную сеть [3]. Интеграция с ИИТ позволит контролировать все устройства, подключенные к сети для создания крепкой и неразрывной связи между устройствами, с целью эффективного обмена информацией для обеспечения безопасности и оптимизации управления ресурсами, повышение взаимосвязи между участниками строительного процесса, что помогает с быстрым решением непредвиденных ситуаций. Интеграция с устройствами ДЗЗ позволит проводить своевременный мониторинг строительства и оценить риски, связанные с влиянием объекта на окружающую среду.

В данное время в России проходит этап трансформации, что заставляет организации внедрять ТИМ в свои компании, в этом абзаце мы поговорим об аспектах внедрения. В первую очередь хочется сказать о современном российском ПО, после ухода западных компаний правительство РФ выделило грантовую поддержку российскому производителю, основные фонды: «Фонд содействия инновациям», «РФРИТ», «СКОЛКОВО». Основной главной проблемой внедрения ТИМ является плохие навыки работы персонала с данным ПО, по сколько для всех это еще что-то новое и неизвестное, большинство сотрудников не имеют должного опыта работы с данными программами.

Экономическая эффективность использования ТИМ в строительстве. Опираясь на статью МИНСТРОЙ РОССИИ за 30.03.2019, в ней заместитель министра строительства и ЖКХ Дмитрий Волков добавил, что по экспертным оценкам, информационное моделирование может давать до 30% экономии на этапе строительства и эксплуатации объекта.

На начальных этапах внедрения требуются необходимые затраты, для каждой они будут индивидуальными, но можно выделить общие такие как: стартовые затраты для внедрения в компанию, затраты на применение технологий на конкретном проекте, затраты на разработку регламентирующих документов [4].

Вопрос нормативного регулирования, стоит очень остро пока нынешнее законодательство только начинает трансформацию под современные технологии существует спектр нормативно технических документов для ТИМ: СП 333.1325800.2020; СП 481.1325800.2020; СП 404.1325800.2018; СП 301.1325800.2017 и другие. Для определенных технологий и оборудования требуется лицензии и сертификаты соответствия, нормативы должны определять процедуры лицензирования и сертификации для ТИМ [5]. С увеличением числа цифровых технологий требуется обеспечение защиты данных и конфиденциальной информации. В нормативах должно быть указаны разряд рабочего и уровень квалификации для допуска к работе с высоко технологичным оборудованием. Старые нормативные должны быть адаптированы под современные требования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Алексанин А.В., Жаров Я.В.* Использование цифровых информационных моделей в рамках управления строительством. Промышленное и гражданское строительство.-Москва: МГСУ, 2022. - 52-55с.
2. *Анастасия Морозова.* Концепция GYNO как ядра цифровой системы девелоперов находит отклик в их сердцах. URL: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=22639 (дата обращения 02.18.2024) - Текст: электронный
3. *Жаров Я.В.* Оценка параметров организационно-технологических решений на основе нейросетевых моделей. - Белгород: БГТУ, 2018. - 110-115с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32545006> (дата обращения 02.18.2024)-Текст:электронный.
4. *Павел Богуцкий.* По соображениям стоимости] URL: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=22839 (дата обращения 02.18.2024).-Текст: электронный.
5. *Роман Митин.* Что нужно знать о требованиях к BIM-модели в строительстве. URL: <https://teletype.in/@projectoram/uT5dleJmoRh> (дата обращения 02.18.2024). -Текст: электронный.

*Студенты 4 курса 4 группы ИПГС Гришина А.П., Петрова А.С.
Научный руководитель – проф. каф. ТОСП, канд. техн. наук, проф. Б.В.
Жадановский*

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ МОДУЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

В мировом масштабе строительство жилой недвижимости является наиболее массовым и перспективным направлением развития строительной индустрии. В строительной сфере Российской Федерации, а также во многих других странах, основной тенденцией является стремление к сокращению затрат на возведение зданий и сооружений. Увеличившийся спрос на доступное жилье привел к актуализации необходимости внедрения инновационных технологий. Примером таких технологий является модульное строительство. [1]

Технологию модульного строительства пробовали применять ещё в XIX веке, а широкое распространение она получила более 80 лет назад.

Модульное строительство представляет собой метод сборки жилых домов или технологических сооружений путем объединения заранее изготовленных блоков. Процесс сборки предшествуют этапы подготовки участка, создания фундамента и изготовления модулей в специализированном производственном цехе. [2]

Застройщику выгодно осуществлять строительство многоэтажных домов из модулей ввиду снижения затрат на процесс строительства и незначительных изменений в цене продажи. В то же время, для потенциальных жильцов предпочтительнее приобретать модульные частные дома, поскольку это является более экономически целесообразным решением по сравнению с наймом строителей для возведения дома по привычной схеме либо с покупкой квартиры.

В настоящее время, когда используются новаторские материалы и передовые технологии для производства модульных элементов, быстровозводимые здания стали привлекательной альтернативой капитальным строениям. Популярность модульной технологии строительства объясняется ее немалыми преимуществами, в числе которых выделяются быстрота возведения и легкость сборки сооружений. В отличие от капитального строительства, которое требует получения множества разрешений от различных органов, быстровозводимые здания не требуют такого объема согласований.

Главное требование для полноценной эксплуатации – оснастить дом системами жизнеобеспечения, которые соответствуют функциональному назначению объекта.

Ярким примером использования модульной технологии возведения является здание отеля в китайской провинции Хунань. Это 30-ти этажное здание, общей площадью 17000 квадратных метров, было возведено в

2010 году всего за 15 дней. Группа строителей составила 200 человек.[3]

Основные достоинства и недостатки модульного строительства представлены в таблице 1.

Таблица 1

Достоинства	Недостатки
Снижение трудоемкости за счет механизации работ в заводских условиях	Сложность транспортировки
Снижение затрат на рабочую силу	Недостатки в техническом регулировании
Сокращение продолжительности строительства	
Более быстрая окупаемость проекта	
Снижение загрязнения окружающей среды	

Быстровозводимые здания имеют множество преимуществ, но они требуют соблюдения правил эксплуатации.[4]

Одним из документов, описывающих требования к качеству на этапе эксплуатации, является СП 255.1325800.2016 «Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения». Основными эксплуатационными характеристикам являются: функциональная пригодность, безопасность, надежность, ремонтпригодность, долговечность.

В настоящее время в России здания в модульном исполнении не превышают 3 этажа, так как при такой высоте конструкцию на 100% можно считать надежной. Однако уже сейчас активно осуществляются исследования с целью разработки и внедрения многоэтажных модульных жилых зданий.

Важно отметить, что требования к контролю качества модульных строений, находящихся в эксплуатации, должны быть согласованы с производителями модульных конструкций, а также соответствовать законодательству и нормативным актам, регулирующим строительство и эксплуатацию зданий и сооружений.[5]

Модульные сооружения относятся к изделиям с регламентируемой периодичностью технического обслуживания.

В процессе эксплуатации осуществляются три вида технического обслуживания модульных зданий:

- *два раза в год*- проводится сезонное техническое обслуживание, проводимое при подготовке к летнему и зимнему периодам эксплуатации;

- *один раз в год* – выполняется проверка устройств, которые отвечают

за отключение электроэнергии в случае необходимости, также проводится анализ целостности электрических проводов и правильности их подключения. Оценивается сопротивление изоляции электрооборудования, производится проверка сопротивления заземления сооружения.

- *раз в четыре года* – уделяется пристальное внимание выявлению участков, где проявляется коррозия, а также обнаружению различных поверхностных дефектов. Все поврежденные компоненты конструкции подлежат замене.

На основании изучения научных публикаций можно сделать вывод о необходимости совершенствования нормативно-технической базы для проектирования и производства строительно-монтажных работ модульного строительства, а также о необходимости разработки методики контроля качества таких зданий на этапе эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дикман Л.Г.* Организация строительного производства // Учебник для строительных вузов / М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 608 стр.
2. *Пленов Я. В.* Актуальность модульного строительства // Общество, образование, технологии: перспективы научных исследований в цифровую эпоху: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 14 февраля 2023г.: Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2023. С. 36-39.
3. *Иванчук, Е. В.* Опыт строительства модульных быстровозводимых многоэтажных зданий в Китае / Е. В. Иванчук, Ц. Ли // Строительство и архитектура – 2023 : материалы международной научно-практической конференции факультета промышленного и гражданского строительства, Ростов-на-Дону, 19–21 апреля 2023 года. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2023. – С. 380-383. – EDN IDDNTP.
4. *Андрюш, М. А.* Модульное строительство / М. А. Андрюш // Colloquium-Journal. – 2022. – № 17-1(140). – С. 6-7. – DOI 10.24412/2520-6990-2022-17140-6-7. – EDN AMFBZP.
5. *Сундетова, А. Ж.* Блочно-модульное строительство как альтернатива капитальному строительству. Конструктивные решения блочно-модульного строительства / А. Ж. Сундетова // E-Scio. – 2022. – № 11(74). – С. 414-424. – EDN DHTVRG.

СТРАТЕГИИ, ИННОВАЦИИ И ТЕНДЕНЦИИ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ

В настоящее время вопросы реконструкции зданий и сооружений, наравне со строительством и вводом в эксплуатацию новых жилых зданий, рассматриваются как одно из перспективных направлений строительной отрасли. Такая реконструкция особенно актуальна на базе ценных исторически значимых городских объектов, имеющих возможность получить вторую жизнь и новую функцию.

Реконструкция города – это закономерный и неизбежный процесс, возникающий в силу роста городов, развития технологий, повышения требований к жилым, рабочим и общественным пространствам.

Реконструкция дает возможность задействовать потенциал существующих архитектурных объектов и с минимальными затратами достичь преобразования города. Новое строительство на нетронутой территории требует больших инвестиций на инженерно-изыскательские и земельные работы, на подведение коммуникаций и полное возведение здания. В то время как реконструкция уже существующих зданий, уступая в стоимости, решает более широкую задачу:

- 1) появление новых актуальных пространств;
- 2) ликвидация неактуальных мест пользования, понижающих интерес горожан и туристов;
- 3) создание эффективной, устойчивой и экологичной архитектуры [1];
- 4) сохранение характерного облика города и объектов архитектурного наследия.

Тем самым позволяет повсеместно модернизировать условия жизни.

В настоящее время архитектурные решения меняются стремительными темпами. За последние десятилетия стандарты строительства претерпели множество изменений [2], что привело к возникновению морально и функционально устаревших зданий, которые стоит рассматривать как ресурс для создания уникальных городских пространств.

Кроме строительных требований зданию необходимо отвечать потребностям современного мира. Инновации во всех сферах деятельности человека дополняет его жизнь цифровым пространством, доступ и удобство пользования которого зависит от грамотно продуманного дизайна среды. Восстановление заброшенных зданий с целью создания многофункциональных центров обеспечивает граждан удобными рабочими условиями, дают площадку для размещения

коворкингов, ресторанов, выставочных галерей, досуговых мест, поддерживая разнообразие и актуальность городской среды.

При реконструкции зданий невозможно не затронуть тему важности соответствия объектов тенденциям устойчивого развития, основные принципы которого включают в себя минимизацию экологического следа, энергосбережение и энергоэффективность, здоровье и комфорт жителей. Применение новейших технологий, замена устаревших компонентов могут играть существенную роль в понижении расходования тепловой и электрической энергии. А изменение климата, истощение природных ресурсов и увеличение уровня загрязнения делают принципы экологичной реконструкции не просто тенденцией времени, а необходимостью. Экологическое строительство улучшает общественное здоровье, повышает качество жизни населения, способствует социальной ответственности. [4]

Рассматривая отечественный опыт реконструкции исторически значимых зданий Москвы и трансформации их в пространства, обладающие новыми уникальными функциями, можно выделить такие значимые примеры, как превращение старейшей электростанции ГЭС-2 в одноименный Дом культуры, ведущий выставочную, просветительскую, издательскую и перформативную деятельность; Еврейский музей и центр толерантности, расположенный в здании бывшего Бахметьевского гаража; Центр «Зотов» на Ходынской улице в здании бывшего Хлебозавода № 5; Суперметалл – реновация промышленного пространства на Бауманской, расположенный на территории института НИИ Чермет им. Бардина.

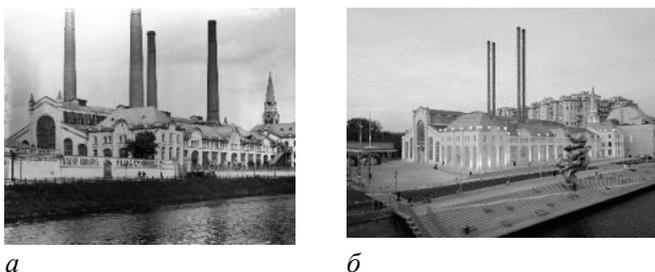


Рис. 1. Электростанция «ГЭС-2»:

а) До реконструкции,

б) После реконструкции, 2021 г.

Выявляя общие черты и приемы в реализации данных объектов, можно выделить их изначальную историческую и культурную значимость для города как критерий для выбора объекта под реконструкцию, правильный баланс между сохранением и модификацией, бережный подход к сохранению изначальной формы и

композиции здания, замена устаревших функций на актуальные, преимущественно общественные и культурные, а также использование передовых и современных технологий для существенного продления эксплуатации, максимально эффективного и долговременного использования.

Зарубежная практика насчитывает большое множество оригинальных преобразований, которые могут стать ориентиром для приёмов в отечественной реконструкции. Из эффективных практик можно отметить такие, как повторное использование строительных материалов, сортировка и переработка строительных отходов, энергосбережение в процессе строительства – использование эффективных систем освещения и обогрева на стройплощадке, проектирование с учетом эффективной изоляции, систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также внедрение инновационных материалов – биоразлагаемых и устойчивых, таких как биополимеры, древесные композиты, экологически чистые клеи и герметики, безопасные отделочные материалы, материалы для фильтрации воздуха и очистки воды. [3]

Реконструкция дает возможность перепланировать здания экологически сознательным и социально ответственным образом. Она продлевает процесс эксплуатации здания, повышая его социальную значимость вследствие преобразований, а также побуждает осмыслить существующую инфраструктуру и возможность ее разумного улучшения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Габриель И.* Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома: Пер. с нем. // И. Габриель, Х. Ладенер. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 480 с.
2. *Зильберова И.Ю., Петров К.С.* Проблемы реконструкции жилых зданий различных периодов постройки. Инженерный вестник Дона, 2012 №4-1, том 22.
3. *Ильвицкая С.В.* «Зелёная» архитектура жилища и GREEN BIM технологии / С.В. Ильвицкая, Т.В. Лобкова // Архитектура и строительство России. - 2018. - № 1. - С. 100-113.
4. *Новоселова И.В., Страбыкина С.И., Бойко Н.С., Данилейко И.Ю.* Перспективы "зеленого" строительства в современной России // ИВД. 2019. №4 (47). С.17-21.

Студент 4 курса 10 группы ИПГС Далакян А.А.

Научный руководитель - доц. каф. ТОСП, канд. эконом. наук И.Н. Дорошин

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

Бетон является анизотропным композитным материалом, демонстрирующим различные значения прочности в условиях сжатия и растяжения, проявляя высокую устойчивость при сжимающих нагрузках и сравнительно низкую - при растягивающих. Для компенсации данной особенности применяется армирование, что не в полной мере устраняет изначальный дефицит. Прочностные характеристики бетона на растяжение значительно уступают показателям на сжатие, варьируя от 1/20 до 1/8 от его максимальной нагрузочной способности в соответствии с этапом достижения предполагаемой марочной прочности. Основная проблема низкой прочности на растяжение заключается в повышенной склонности к формированию трещин, что акцентирует внимание на необходимости повышения трещиностойкости.

Увеличение трещиностойкости железобетонных конструкций эффективно достигается путем их предварительного напряжения, осуществляемого методом обжатия зон предполагаемого растяжения перед приложением основных нагрузок.

Одним из ключевых преимуществ применения предварительного напряжения в монолитных железобетонных конструкциях является способность создавать элементы с увеличенными пролетами, что позволяет повысить чистую высоту помещений за счет уменьшения толщины перекрытий и балок.

Один из методов укрепления конструкций – это предварительное натяжение арматурных стержней. Данный подход используется в производстве железобетонных конструкций, где еще до начала эксплуатации и применения рабочих нагрузок в бетон вносятся преднамеренные сжимающие усилия. Эти усилия оказываются в зоне, предназначенной к растяжению в процессе использования. Добиться такого результата позволяет использование арматурных стержней повышенной прочности, которые натягиваются.

На сегодняшний день существуют два основных метода для натяжения арматурных стержней: метод натяжения на упоры, то есть до заливки конструкций бетоном, и метод натяжения на отвердевший бетон, реализуемый после его затвердевания. Техника предварительного напряжения находит свое применение как в элементах сборных, так и в монолитных сооружениях.

Такой подход позволяет создавать монолитные и сборные изделия с высоким уровнем прочности и устойчивости к различным нагрузкам, эффективно защищая арматуру от коррозии и существенно продлевая срок службы конструкций.

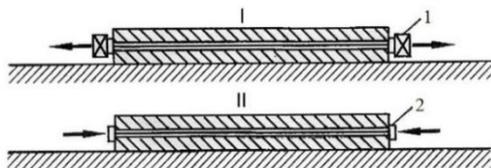


Рис.1. Схема создания предварительного натяжения арматуры на бетон
1 – домкрат, 2 - анкер

Процесс натяжения арматуры выполняется в соответствии с проектными требованиями, регулируя давление в системе ступенчато, увеличивая на каждом этапе на 30-50 кг/см² по показаниям манометра до заранее определенного проектом значения. После достижения требуемого уровня, давление в системе усиливают на 5%, после чего оно поддерживается в течение 5 минут. Затем давление снижают до исходного проектного значения и поддерживают его до полного завершения процедуры натяжения и фиксации арматуры. Этот подход позволяет точно регулировать натяжение и обеспечивать надежное сцепление арматуры с бетоном [2]



Рис. 2. Анкерное устройство

Рассмотрим преимущества предварительного натяжения арматуры[4]:

1. Увеличение несущей способности конструкций. Предварительное натяжение арматуры позволяет бетону работать в условиях сжатия, что значительно повышает его прочность и упругие свойства, минимизируя риски развития трещин при нагрузке.

2. Уменьшение массы конструкций. За счет более высокой прочности материалов, становится возможным сокращение сечений несущих элементов, что приводит к облегчению всей конструкции и снижению затрат на фундамент.

3. Повышение долговечности конструкций. Минимизация трещинообразования в результате предварительного натяжения

повышает коррозионную стойкость арматуры и увеличивает срок службы железобетонных элементов.

Теперь перейдем к недостаткам предварительного натяжения арматуры [5]:

1. Технологическая сложность. Процесс требует высокой точности, специализированного оборудования и квалифицированных рабочих, что увеличивает стоимость и продолжительность строительства.

2. Ограничения по длине натягиваемых элементов. На длинных пролетах могут возникнуть сложности с созданием необходимого натяжения без применения дополнительных технологических решений.

3. Высокая стоимость материалов и оборудования. Использование специализированной арматуры, а также необходимость в гидравлическом оборудовании повышают первоначальные капитальные затраты проекта.

4. Возможность коррозии преднапряженной арматуры при нарушении технологии.

В заключительной части анализа метода натяжения арматуры на бетон, следует подчеркнуть, что, несмотря на существующие ограничения данной технологии, ее широкое применение в строительной отрасли обусловлено значительным улучшением механических свойств железобетонных конструкций, а также эффективным экономическим воздействием.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Выставкаина, Е. В.* Сущность, преимущества и недостатки предварительно напряженного железобетона / Е. В. Выставкаина // *Colloquium-Journal*. – 2019. – № 26-1(50). – С. 62-63.
2. *Кохно, В. О.* Предварительное напряжение арматуры. Методы создания предварительного напряжения в железобетонных конструкциях / В. О. Кохно. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2022. — № 3 (398). — С. 18-21.
3. *Кохно, В.О.* Актуальность применения предварительно напряженных железобетонных конструкций в российском гражданском строительстве / В. О. Кохно. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2022. — № 3 (398). — С. 29-32.
4. Методическое пособие «Конструкции железобетонные монолитные с напрягаемой арматурой без сцепления с бетоном», — М.: НИИЖБ им. А. А. Гвоздева, 2017. – 275 с.
5. Технология предварительного напряжения железобетонных конструкций в построечных условиях / С. Н. Леонович, И. И. Передков, А. И. Сидорова. — Минск: БНТУ, 2018. – 137 с.

Студент 4 курса 12 группы института ИПГС Дребнев К.В.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. экон. наук, доц. И.Н. Дорошин

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Современные методы обследования строительных конструкций являются неотъемлемой частью строительства, реконструкции и эксплуатации зданий и сооружений. Они позволяют более внимательно изучить состояние зданий и сооружений, провести анализ существующих дефектов, дать оценку их степени и влияния на надежность и безопасность сооружений [1].

В процессе обследования строительных конструкций необходимо руководствоваться заранее разработанным техническим заданием. Для проведения обследования, необходимо получить техническое задание от заказчика, которое согласуется с генпроектировщиком и передается в специализированную организацию, которая занимается проведением обследований. Организация, которая занимается предоставлением услуг в области обследования строительных конструкций, по получении заявки уточняет объем, перечень и сроки проведения работ [3].

К наиболее популярным методам обследования относят визуальный осмотр и инспекционные проверки. Это является основой диагностики строительных конструкций, позволяющей обнаружить дефекты, трещины, неровности и другие отклонения от нормы. Проведение визуальных осмотров осуществляется с помощью различных инструментов и оборудования: биноклей, эндоскопов и тепловизоров, позволяющих наблюдать инфракрасное излучение и оценивать тепловое состояние материалов.

Современные методы обследования предлагают использование различных инструментов и технологий вместо визуальных осмотров. Например, дефектоскопия – это специальная процедура, позволяющая выявить внутренние дефекты и повреждения в строительных конструкциях. Ультразвуковые разрушители, магнитные дефектоскопы и рентгеновские аппараты помогают получить это. При помощи таких технических средств можно обнаружить скрытые трещины, коррозию, усталостные повреждения и другие различные недостатки обследуемых строительных конструкций.

Еще один эффективный метод обследования - системы геодезического мониторинга. С помощью специального оборудования можно наблюдать за состоянием различных строительных конструкций, регистрировать и анализировать деформации и смещения. Эти системы

часто используются на объектах с особыми условиями эксплуатации таких как мосты, туннели и здания со сложной геометрией.

Динамические методы выполняются с помощью различных измерительных приборов, таких как деформометры, наклонометры, сейсмометры, велосиметры и акселерометры. Схемы динамических наблюдений разнообразны и включают как искусственное вибровозбуждение зданий с помощью вибраторов, так и вибровозбуждение под действием естественных воздействий, на пример ветра. Динамические наблюдения позволяют получить всевозможную информацию о динамике зданий и сооружений.

Динамические методы позволяют контролировать и определять совместную работу зданий и грунтов, их оснований, а также обнаруживать ранее неизвестные явления. Мониторинг технического состояния строительной конструкции, то есть оценка изменения ее несущей способности, может осуществляться путем измерения действующих на конструкцию нагрузок, относительных деформаций и смещений элементов конструкции, и соответствующих изменений внутренних усилий, и напряжений в ее поперечном сечении. Для этого используются информационно-измерительные системы с первичными преобразователями, характеризующиеся принципом действия, диапазоном измерений, точностью измерений и чувствительностью [2].

Магнитный метод неразрушающего контроля (НК), который основан на измерении коэрцитивной силы (МКС). По измерениям магнитной характеристики металла - коэрцитивной силы - оценивают его стартовые механические характеристики, а также их последующую эксплуатационную деградацию, проводя уже систематический мониторинг усталостного и напряженного состояния. Важным преимуществом метода является возможность количественной и качественной оценки НДС или усталостного состояния металла и механической устойчивости каждой отдельной зоны и обследуемой конструкции в целом и, тем самым, указывая элементы или области конструкции, где необходим упреждающий ремонт или их усиление [5].

Метод акустической эмиссии относится к акустическим методам неразрушающего контроля и технической диагностики. В основе метода лежит измерение и анализ звуковых волн, испускаемых материалом при деформации или разрушении. Метод акустической эмиссии является чувствительным к любым видам структурных изменений в широком частотном диапазоне работы (обычно от 10 до 1000 кГц). Оборудование способно регистрировать не только хрупкий рост трещин, но и процессы развития локальной пластической деформации, затвердевания, кристаллизации, трения, ударов, течеобразований и фазовых переходов [4].

Все эти современные методы обследования строительных конструкций играют важную роль в обеспечении безопасности сооружений и высокого качества строительства. Они позволяют своевременно выявить проблемы и дефекты, способствуя минимизации рисков и повышению надежности объектов инфраструктуры. В результате, использование таких методов помогает предотвратить возможные аварии и потенциальные угрозы для жизни и здоровья людей. Кроме того, данные методы обеспечивают возможность проведения технического обследования объектов, позволяя выявить скрытые дефекты и проблемы, которые могли бы привести к серьезным последствиям в будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Снегирёва А.И., Мурашкин В.Г.* К вопросу обследования строительных конструкций, зданий и сооружений // Эксперт: теория и практика 2021. № 6 (15). С. 45-51
2. *Запруднов В.И., Серегин Н.Г.* Методы и средства мониторинга технического состояния строительных конструкций // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2019. Т. 23. № 5. С. 108-115
3. *Ильин И.С., Карпик Д.С., Никифоров Э.А., Бардин Е.С.* Обследование строительных конструкций // Современные инновации № 4(18). 2017.
4. ГОСТ Р 52727-2007 Техническая диагностика. Акустико-эмиссионная диагностика. Общие требования = Technical diagnostics. Acoustic-emission diagnostics. General requirements : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 июня 2007 г. N 134-ст : дата введения 2007-10-01 : М.: Стандартинформ, 2007 год. – Текст : непосредственный.
5. СТО 36554501-040-2014 Диагностика стальных строительных конструкций. Метод магнитный, коэрцитиметрический = Diagnostics of steel building structures. Magnetic method, coercimetric : стандарт организации : утвержден и введен в действие приказом генерального директора ОАО НИЦ "Строительство" N 269 от 04 декабря 2014 г : дата введения 2015-01-01 : Федеральное агентство по управлению государственным имуществом. - М.: ОАО "НИЦ "Строительство", 2014 год. – Текст : непосредственный

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЕ ТИМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.

Для качественного обследования промышленных сооружений, которые отличаются большими размерами в плане, требует специализированное оборудование, которое в большинстве случаев не используются для выполнения таких задач, что не обеспечивает качество результатов. Специально подготовленный персонал, например, альпинисты, могут получить доступ к труднодоступным конструкциям промышленного здания, но при этом не могут выполнить оценку объекта с учетом характера и объема повреждений. Поэтому они делают только фотографии объекта или видеоматериал соответствующей конструкции для дальнейшего исследования инженерами. Данная проблема решается за счет применения беспилотных летательных аппаратов, которые позволяют повысить качество визуального обследования и сократить расходы на его проведение. Дроны могут эффективно применяться для обследования труднодоступных частей зданий или протяженных объектов.

Ключевые слова: промышленные здания, повышение производительности, ТИМ- технологии, цифровые технологии, дрон.

В современном мире эксплуатация сооружений производственного назначения играют важную роль в обеспечении комфортных условий для работы людей. При этом, независимо от качества проектирования и строительства, со временем могут возникать различные дефекты и поломки, которые требуют проведения технического обследования. Одним из эффективных и современных инструментов, применяемых при таком обследовании, являются применение беспилотных летательных аппаратов, которые в свою очередь можно отнести к технологии информационного моделирования.

Использование дронов представляет собой уникальный подход к проведению обследования промышленных зданий с использованием компьютерного анализа данных. Это позволяет обеспечить высокую точность, быстроту и возможность работы в сложных условиях. В то время как традиционные методы обследования могут потребовать длительного времени и высоких затрат. Они позволяют быстро и эффективно проанализировать состояние объекта и выявить проблемные места.

Беспилотные летательные аппараты могут обладать разной степенью автономности – от управляемых дистанционно до полностью

автоматических, а также различаться по конструкции, назначению и множеству других параметров.

Основной принцип визуального обследования с использованием беспилотного летательного аппарата сводится к получению аэрофотоснимков с близкой дистанции в высоком разрешении и под разным углом.

Дроны, оснащенные высокоразрешающими камерами и датчиками, позволяют получить доступ к труднодоступным местам, протяженных промышленных объектов таким как крыши или фасады, без необходимости использования строительных лесов или специализированного оборудования. Это не только сокращает время, необходимое для обследования, но и минимизирует риски для безопасности людей.

Более того, данные, собранные дронами, могут быть использованы для создания подробных трехмерных моделей и карт зданий и сооружений. Эта информация предоставляет всестороннее понимание состояния здания и помогает выявить потенциальные проблемы, такие как трещины, утечки или повреждения конструкций.



Рисунок 1- крыша с тепловизионный камеры дрона

Еще одним важным аспектом применения беспилотных летательных аппаратов в техническом обследовании промышленных зданий является возможность синхронизации данных о времени с другими параметрами,

такими как температура, влажность, и другие факторы, влияющие на состояние зданий. Это позволяет создавать комплексные модели и анализировать взаимосвязи между временными и другими характеристиками, что в свою очередь способствует более глубокому пониманию процессов, происходящих в зданиях и сооружениях.

В целом, интеграция технологий в обследование зданий и сооружений значительно улучшила эффективность, точность и безопасность процесса обследования. По мере того, как технология продолжают развиваться, ожидается, что новые инновации еще больше усовершенствуют возможности инженеров, в конечном итоге приводя к более безопасным и надежным зданиям и сооружениям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Семенов А.С., Слонич К.А.* Обследования зданий и сооружений с применением беспилотных летательных аппаратов // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2017. №9.
2. Техническая экспертиза зданий, сооружений и их конструкций: учебное пособие / М. Л. Бойкова. - Йошкар-Ола: Марийский гос. технический ун-т, 2007. - 63 с.
3. *Гроздов В.Т.* Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений. СПб.: Издательский Дом КН+, 2000. 140 с
4. *Талапов В.В.* Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК-Пресс, 2015. 410 с.
5. СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования ин-формационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла.
6. *Шейна С.Г., Виноградова Е.В., Денисенко Ю.С.* пример применения BIM технологий при обследовании зданий и сооружений // ивд. 2021. №6 (78).
7. *Малюх, В. Н.* Введение в современные САПР [Текст] : курс лекций / В. Н. Малюх. - Москва: ДМК Пресс, 2010. - 192 с.: ил.; ISBN 978-5-94074-8601.

*Студент магистратуры 2 года обучения 22 группы ИПГС Ле Фьюк Хиеу
Научный руководитель – проф. каф.ТОСП, д-р. техн.наук., проф. С.А.
Синенко*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ В 3D

В работе выполнен анализ программного обеспечения для моделирования технологических карт в трёхмерной графике (3D). Выполнен анализ параметров в программе Revit, которые влияют на моделирование и отображение технологических карт в 3D. В статье также проводятся необходимые требования при графическом моделировании технологических карт в 3D.

Состав и содержание технологической карты включает в себя область применения; общие положения; организация и технология выполнения работ; требования к качеству, потребность в материально-технических ресурсах; обеспечение пожарной безопасности, безопасности и гигиены труда; технико-экономические показатели.

С помощью современных программных комплексов можно улучшить процесс проектирования и создания и также формировать технологические карты выполнения строительных процессов в 3D [1].

Схемы взаимодействия программ информационного моделирования могут включать неограниченное количество программ. В стандартный пакет программного обеспечения входят такие гиганты, как приложения Microsoft Office, а также программы трехмерного моделирования – Archicad, программы визуализации (3D Max, BIMx), программа генерального плана (Civil3D), программы расчетов (Allplan, Lira, Tekla), и множество других программ [2].

Одно из самых популярных в России программных обеспечений для BIM - Revit. Эта программа позволяет создать модель здания, в которой учтены все необходимые материалы, что значительно ускоряет процесс проектирования, повышает эффективность использования готового здания, снижает количество ошибок и улучшает наглядность.

В программе Revit существует множество параметров, которые влияют на моделирование и отображение технологических карт в трёхмерной графике:

– Геометрические параметры: размеры, формы и положение объектов в модели. В программе Revit эти параметры можно изменять с помощью инструментов редактирования. Геометрические параметры могут влиять на **наглядность организации и технологии выполнения работ** и на другие аспекты. Например, если объект имеет слишком сложную форму, это может замедлить работу программы и ухудшить качество визуализации.

– Свойства материалов: цвета, текстуры, отражающие свойства. Свойства материалов определяют внешний вид и поведение объектов в модели. Эти свойства можно применять к различным элементам модели, таким как стены, окна, двери и т. д. Свойства материалов также влияют на **визуализацию модели**. Если материалы выбраны правильно, модель будет выглядеть более реалистично и качественно. См. рис. 1.



Рис. 1. Элемент технологической карты
 а) В 2D-виде,
 б) Из 3D-модели

– Освещение: интенсивность, направление и тип источников света. Освещение играет важную роль в моделировании и визуализации в Revit. Оно может значительно улучшить внешний вид модели и сделать её более реалистичной. Освещение также влияет на **производительность модели**, так как более сложные сцены могут требовать больше времени на рендеринг.

– Камеры: расположение, ориентация и поле зрения камер. Можно настроить положение камеры, её ориентацию и поле зрения. Это позволяет получить более **точное представление** о модели и упрощает навигацию по ней. Камеры также влияют на производительность, так как сложные сцены могут потребовать больше времени на просчёт каждого кадра.

При графическом моделировании необходимо учитывать следующие требования:

- Определение целей и задач моделирования: перед началом моделирования необходимо определить его цели и задачи, чтобы понимать, какой уровень детализации информации (LOD) необходимо получить. См. рис. 2.



○

- Рис. 2. Уровни детализации информации (LOD) 3D модель объекта
- Выбор типа модели: существует множество различных типов графических моделей, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.
- Сбор данных: это могут быть результаты измерений, статистические данные или другие источники информации.
- Анализ данных: после сбора данных необходимо провести их анализ, чтобы определить основные закономерности и зависимости.
- Выбор методов моделирования: выбор метода зависит от типа данных и целей моделирования [5,6].

Итак, технологические карты в 3D являются мощным инструментом для визуализации и анализа производственных процессов. При моделировании технологических карт в 3D необходимо учитывать множество параметров, таких как геометрические параметры объектов, свойства материалов, освещение и камеры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Sergei Sinenko, Phuoc Hieu Le*. Formation of technological maps for construction processes in 3D// В сборнике: International Scientific Conference Technology, organization and management in construction TOMIC 2023. 2023.
2. *Ле Фьюк Хуеу*. Опыт использования технологий информационного моделирования (ТИМ) при возведении промышленного здания// В сборнике докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института промышленного и гражданского строительства. 2023.
3. *Дронов Д.С., Киметова Н.Р., Ткаченко В.П.* Проблемы внедрения BIM – технологий в России. 2017.
4. *Sinenko S A., Aliev S A*. Visualization of process maps for construction and installation works//3rd International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2020) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering905 (2020) 012063.
5. *Познахирко Т.Ю., Бунякин С.Н.* Активный BIM для оптимизации расположения складских площадок и башенных кранов//Перспективы науки. 2023. № 5 (164). С. 163-166.
6. *Синенко С.А., Жадановский Б.В., Познахирко Т.Ю., Подорога Е.* Выбор способа производства строительных работ по совокупности технологических карт //Components of Scientific and Technological Progress. 2023. № 5 (83). С. 69-75.

*Студент магистратуры 2 курса 24 группы ИПГС Левиков М.А.
Научный руководитель – проф. каф. ТОСП, д-р техн. наук, проф. Б.П.
Титаренко*

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ СМЕШАННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИЙСКОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ

Современная строительная компания сталкивается с определенным перечнем недостатков в организации строительного процесса:

1. не выдерживаются сроки работ.
2. низкая скорость работы и перерасход бюджета.
3. ТИМ используется не эффективно.
4. усложненный процесс изучения документации.
5. недостаток квалифицированного персонала
6. трудоемкий и долгий процесс контроля со стороны надзорных служб.

Использование систем смешанной реальности (MR) в строительстве имеет большой потенциал и открывает разные возможности для улучшения отдельных процессов и строительного производства в целом. В рамках статьи для изучения аспектов этого процесса была выбрана платформа компании «BRIO MRS» в составе ПАК и сопутствующего программного обеспечения (ПО). Платформа предоставляет инструменты работы с цифровыми данными непосредственно на строительной площадке в режиме реального времени [1,7].

Технология работает следующим образом: устройство имеет специализированную стереокамеру. С помощью нее создается трехмерная модель видимого пространства в реальном времени. Устройство имеет технологию комбинированного трекинга. Трекинг учитывает данные из нескольких источников: оптического трекинга (SLAM), инерциального трекинга и радио-трекинга. Данные объединяются и с их помощью происходит позиционирование устройства в пространстве. Таким образом получается ТИМ модель, встроенная в реальный мир, где реальные и цифровые объекты имеют точки соприкосновения. Эти решения имеют возможность только ручной привязки к месту, определяют свое положение в пространстве на основе оптического и инерционного трекинга и через некоторое время работы накапливают погрешность в оценке собственного местоположения и теряют точность. Также стоит заметить, что в отличие у описываемого ПАК у этих решений меньше угол обзора и отсутствует связь с системой управления информационной модели (ИМ). Кроме того, это зарубежные разработки, что в современных реалиях стоит отнести к недостаткам этих систем.

Ниже приведен пример применения комплекса для проверки хода строительных работ в соответствии с цифровой информационной моделью строящегося здания с использованием программно-

аппаратного комплекса в составе устройства (планшета) и совместного ПО. Этот способ соответствует сценарию, описанному в ПНСТ 909-2024, С10.

Описываемый комплекс по сценарию «ТИМ-надзора» может быть использован согласно нескольким сценариям:

1. проверка выполненных СМР на соответствие ИМ.
2. проверка качества исполнительной ИМ.
3. входной контроль ИМ.
4. постановка задачи на монтаж.
5. поддержка недельно-суточного планирования и контроля.
6. приемка объемов по ИМ.
7. удаленная инспекция.

Для знакомства с процессом применения комплекса был осуществлен выезд на строительную площадку строящегося ЖК «Сидней Сити» ГК «ФСК» в г. Москва для проведения процедуры проверки строительных работ на соответствие ИМ. По прибытии на стройплощадку, была размещена специальная графическая метка и внесена в ПО для позиционирования планшета в пространстве.

Затем выполнялась загрузка ТИМ моделей в формате IFC (Industry Foundation Classes – открытый формат обмена данными в строительной области и ТИМ, разработанный buildingSMART) [2,6]. Такой формат может быть рассмотрен человеком и даже редактироваться [3,8]. После этого модель можно просмотреть на интерфейсе устройства. Визуализация модели происходит при помощи камеры устройства. При помощи ранее размещенной метки происходит позиционирование устройства и встраивание ТИМ модели в окружающую обстановку.

После выполнялось обследование площадки с помощью устройства и проверялось соответствие возведенных конструкций проекту, а также планирование предстоящих работ. Любой элемент ТИМ модели можно выделить для просмотра его данных, сравнения с фактическими характеристиками, расположением и привязки к нему обнаруженных нарушений. Описание нарушения содержит замечания, необходимые технические данные, а также фото и видеofиксацию в режиме различных реальностей (смешанной, дополненной, без наложения дополнительной реальности). На основании зафиксированных нарушений составляется отчет. Также нарушения могут быть выложены в облачную СОД (среду общих данных) для обработки проектировщиками.

Задачи, решаемые внедрением комплекса «BRIO MRS» для строительной компании в разрезе сценария «ТИМ-надзор»:

1. оперативное принятие технических решений во время строительства.

2. устранение коллизий и переделок.
3. качество объекта и исполнительной документации.
4. 15-30% сокращение превышения сроков строительства.

В перспективе, внедрение платформы смешанной реальности системы и ее применение по вышеописанному сценарию позволит перейти к ПНСТ 909-2024 С11, «Ведение исполнительной документации на основе данных ЦИМ жилого здания».

Преимуществом платформы «BRIO MRS» заключаются в возможности интеграции в единую систему проектной документации и ведения процесса строительного производства, а также проведения приемки выполненных работ [4].

Применение системы смешанной реальности может облегчить проблему с нехваткой высококвалифицированных кадров. Кроме того, одним из ключевых вопросов цифровизации строительной отрасли в России является импортозамещение [5]. Описанный в статье опыт показывает, что в России есть готовые и постоянно обновляемые решения в области цифровизации строительной отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кислухин А.* «Платформа смешанной реальности для строительства».
2. *Зиганишин А.М., Зиганишин М.Г., Smart BIM в О и В.* Информационное моделирование в отоплении и вентиляции, издание 2. 2019г.
3. *Бутенко А. И.* Развитие цифровых технологий в строительной отрасли России. // *Международный научный журнал «Вестник науки».* №11 (68). Том 4. Ноябрь 2023.
4. *Дронов Д.С., Киметова Н.Р., Ткаченко В.П.* Проблемы внедрения BIM – технологий в России. 2017.
5. *Sinenko S A., Aliev S A.* Visualization of process maps for construction and installation works//3rd International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2020) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering905 (2020) 012063.
6. *Познахирко Т.Ю., Бунякин С.Н.* Активный BIM для оптимизации расположения складских площадок и башенных кранов//Перспективы науки. 2023. № 5 (164). С. 163-166.
7. *Синенко С.А., Жадановский Б.В., Познахирко Т.Ю., Подорога Е.* Выбор способа производства строительных работ по совокупности технологических карт //Components of Scientific and Technological Progress. 2023. № 5 (83). С. 69-75.

Студентка 4 курса 11 группы ИГЭС Малькова А.С.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук А.Н.

Макаров

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОЦЕНКА РИСКА ДЕФЕКТОВ АРМАТУРНЫХ РАБОТ В МНОГОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В строительной сфере на текущий момент монолитное строительство считается наиболее эффективным способом возведения зданий и сооружений, преимуществом которого является обеспечение высокой надежности и сейсмостойкости многоэтажного здания [1].

Для исследования авторы применяют методику риск-ориентированного подхода (РОП), метод построения дерева отказов и теорию вероятностей. Внедрение РОП на каждом технологическом этапе при возведении многоэтажного здания помогает минимизировать неблагоприятные исходы [2]. Железобетонные конструкции зданий подвержены воздействию агрессивных сред, возникает риск разрушения [3]. В арматурных работах при предварительном напряжении высокопрочной арматуры необходимо снизить вероятность возникновения хрупкого излома в местах резкого перегиба или при закреплении в захватках [4]. Ремонт и усиление конструкций требует значительных финансовых и трудовых затрат в процессе эксплуатации объекта капитального строительства (ОКС). В связи с этим экономически оправдано изначально предусмотреть факторы риска и оценить возможный ущерб, чтобы не допустить возникновения дефектов еще во время заливки бетона в опалубку изделия из-за несоблюдения технологии монтажа. Идентификация представлена в таблице 1.

Таблица 1

Индекс	Наименование дефекта арматурных работ
D ₁	Снижение прочности арматуры
D ₂	Смещения арматурных стержней в процессе установки и бетонирования конструкции
D ₃	Отклонение длины арматурных элементов
D ₄	Отклонение от проектной длины анкеровки/нахлестки арматуры
D ₅	Несоблюдение толщины защитного слоя бетона
D ₆	Появление деформаций при гибке арматурных стержней
D ₇	Неточность натяжения арматурных стержней на бетон при предварительном напряжении
D ₈	Несоблюдение проектного шага арматурных стержней
D ₉	Отклонение от проекта участков начала отгибов продольной арматуры

Для построения дерева отказов необходимо установить перечень всех возможных причин для каждого дефекта. Для дефекта D_1 «снижение прочности арматуры» можно выделить следующие характерные причины: I_1 – несоответствие заводской маркировки арматурных стержней проектной маркировке (класс и диаметр арматуры), I_2 – поставка несертифицированного материала на стройплощадку, I_3 – нарушение в приемке арматурных стержней, допущение использования стержней с трещинами; I_4 – ненадлежащая проверка изделия на предмет отсутствия ржавчины, I_5 – заводской брак изделия. Построение дерева отказов для дефекта бетонных конструкций «уменьшение прочности арматуры» показано на рисунке 1.

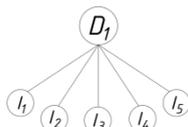


Рис. 1. Дерево отказов для дефекта «снижение прочности арматуры»
Уровень риска дефектов строительной конструкции А можно рассчитать по следующей формуле [5]:

$$R(A) = \sum_{i=1}^{i=N} P(D_i)U(D_i) \quad (1)$$

$P(D_i)$ – вероятность появления i -дефекта строительной работы А,

$U(D_i)$ – ущерб от i -дефекта строительной работы А.

Следующий шаг – это определение вероятности, с которой появляется нарушение (инцидент I_i), приводящий к дефекту D_i . В данном дереве каждый инцидент I_i может привести к дефекту D_1 , поэтому вероятность дефекта равна сумме вероятностей инцидентов:

$$P(D_i) = \sum_{i=1}^{i=N} P(I_i). \quad (2)$$

Идентифицированы основные причины возникновения дефекта железобетонных конструкций «снижение прочности арматуры». На основании этого построено дерево неисправностей для арматурных работ и показана методика его расчета.

Для управления риском появления дефекта «снижение прочности арматуры» на всем жизненном цикле ОКС необходимо осуществлять контроль качества [6]. На стадии проектирования монолитных зданий особенно важна детальная проработка раздела КЖ в отношении следующих дефектов: D_1 – «снижение прочности арматуры», D_3 – «несоблюдение толщины защитного слоя бетона». В разделе ПОС можно приложить в качестве рекомендации дерево отказов для арматурных работ, чтобы подчеркнуть ключевые моменты в организации

монолитных работ с целью повышения качества строительной конструкции. От степени проработанности и входного контроля РД зависит качество изготовления и доставка арматуры на строительный объект. При подписании договора строительного подряда необходимо предусмотреть в смете расходы на менеджмент риска и проведение авторского надзора проектной документации для выявления коллизий [7]. На стадии эксплуатации при сопровождении строительного проекта важно иметь оценку рисков для арматурных работ. Управляя рисками, можно добиться снижения вероятности образования трещин в железобетонных конструкциях, разработать программу мониторинга с учетом выявленных в исследовании наиболее важных дефектов и своевременно применять меры по усилению, особенно для зданий и сооружений, возводимых в сейсмических районах РФ [8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Абакумов Р.Г., Авилова И.П., Абакумова М.М., Анисимов С.А.* Онтология исследования эффективности и перспектив крупнопанельного и монолитного железобетонного строительства жилых объектов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2019. 10. С. 40-52.
2. *Латидус А.А., Макаров А.Н.* Применение риск-ориентированного подхода при выполнении функций строительного контроля технического заказчика // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. вып. 2. С. 232-241.
3. *Волков А.С., Дмитренко Е.А., Корсун А.В.* Влияние дефектов строительства на несущую способность железобетонных конструкций монолитного каркасного здания // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. 2. С. 45-56.
4. *Яворский А.А., Мартос В.В.* Проблемы обеспечения качества объектов монолитного строительства // Жилищное строительство. 2010. 3. С. 6-8.
5. ISO 13824:2009, Bases for design of structures — General principles on risk assessment of systems involving structures (Subcommittee SC 2, Reliability of structures).
6. *A. Dong, M. L. Maher, Mi J. Kim, N. Gu, X. Wang.* Construction defect management using a telematic digital workbench. Automation in Construction. Volume 18, Issue 6, October 2009, Pages 814-824
7. *Макаров А.Н., Малькова А.С.* Оценка рисков строительного проекта на стадии заключения договора подряда. 2023. 12 (780). С. 62-75.
8. *Грановский А.В., Джамуев Б.К.* Применение внешнего армирования из углеволокна для усиления стен из ячеисто-бетонных блоков. 2011. 7. С. 68-71.

Студент магистратуры 2 года обучения 24 группы ИПГС Мезенцев А. С.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук С.И. Эмба

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

В традиционном строительстве часто бывает сложно удержать расходы в рамках первоначального бюджета. Обычно реальные затраты превосходят запланированные.

Даже небольшие ошибки могут привести к значительным финансовым потерям для застройщика. По этой причине были разработаны технологии модульного строительства сантехкабин, направленные на минимизацию таких рисков. Особенно это касается строительства жилых домов, где одним из основных источников расходов является обустройство санузлов, где часто возникают проблемы с несоответствием в отходах и влиянием инфляции [1].

Сантехнические модули представляют собой предварительно изготовленный блок или сборку, которая включает все необходимые сантехнические компоненты для определенного участка здания, например, ванных комнат или кухонь. Эти модули разрабатываются и собираются на производстве в контролируемой среде, что позволяет тщательно контролировать качество и сводить к минимуму дефекты. После завершения они транспортируются на строительную площадку и устанавливаются в структуру здания, значительно упрощая процесс строительства. Цель данного исследования - изучить применение сантехмодулей как альтернативы традиционному способу строительства санузлов в многоэтажных зданиях, оценить их влияние на процессы строительства, качество конечного продукта и общую экономику проекта [2,4]. Исследование направлено на выявление ключевых преимуществ и возможных ограничений использования сантехмодулей, а также на определение сфер и условий, где их применение будет наиболее эффективным.

Применение сантехнических модулей в капитальном строительстве приносит несколько преимуществ. Во-первых, это способствует сокращению общего времени строительства, так как эти модули могут разрабатываться параллельно с работами на строительной площадке. Этот параллельный процесс помогает избежать задержек, которые

обычно возникают при традиционных сантехнических работах. Во-вторых, контролируемая среда изготовления модулей обеспечивает более высокие результаты качества, так как условия, в которых собираются компоненты, оптимальны и менее подвержены переменным условиям строительства на месте, таким как погодные условия и различия в рабочей силе.

В рамках данной работы будет проведен анализ существующих методик строительства, сравнительный анализ затрат на традиционное строительство санузлов и установку сантехмодулей, а также оценка влияния этих технологий на сроки строительства и эксплуатационные характеристики зданий. Особое внимание уделено изучению экономической эффективности и экологической устойчивости применения сантехмодулей в строительной отрасли.

Исследование базируется на анализе научной литературы, данных отраслевых исследований, а также практических примеров использования сантехмодулей в реальных строительных проектах. Результаты данного исследования могут быть полезны для строительных компаний, проектировщиков, архитекторов и всех, кто заинтересован в повышении эффективности строительных процессов и улучшении качества строительства современных жилых и коммерческих зданий.

В ходе данного исследования были тщательно изучены и проанализированы различные аспекты применения сантехмодулей в капитальном строительстве, что позволило сформировать следующие выводы:

1. Эффективность и экономия времени: Одним из главных преимуществ сантехмодулей является значительное сокращение времени на установку и монтаж. Это обусловлено предварительной сборкой элементов в заводских условиях, что ускоряет процесс строительства и снижает общую продолжительность проекта.

2. Контроль качества. Благодаря стандартизированному производству, сантехмодули обеспечивают высокий и постоянный уровень качества, что трудно достигнуть при традиционных методах строительства.

3. Уменьшение строительных отходов и экологическая устойчивость: Производство модулей в контролируемых условиях завода позволяет минимизировать количество отходов и повысить экологическую устойчивость строительных процессов.

4. **Экономическая выгода:** Сантехмодули позволяют оптимизировать расходы за счет уменьшения необходимости в трудозатратах на строительной площадке и снижения вероятности ошибок во время строительства.

5. **Гибкость и адаптивность:** Сантехмодули предлагают гибкость в дизайне и могут быть адаптированы под различные проекты, что делает их универсальным решением для разнообразных строительных задач.

6. **Ограничения и вызовы:** Несмотря на многочисленные преимущества, существуют также определенные ограничения, такие как необходимость тщательного планирования логистики и ограничения в индивидуализации дизайна.

В целом, исследование подтвердило, что применение сантехмодулей в капитальном строительстве является эффективным средством повышения производительности, качества и устойчивости строительных процессов. Они представляют собой ценное решение для строительной отрасли, стремящейся к инновациям и эффективности [3]. Однако для максимальной эффективности их использования важно учитывать все аспекты, от производства до монтажа, а также потребности конкретного проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кириллов М. А.* Многомерные задачи при распределении ресурсов в управлении проектами : дисс. ... канд. экономических наук : 08.00.13 / Кириллов Максим Андреевич. – Москва, 2005. – 144 с.
2. *Олейник П. П.* Организация строительного производства: монография / П. П. Олейник. – Саратов : Вузовское образование, 2019. – 599 с.
3. *Орлов К. О.* Комплексный показатель результативности проектов массовой малоэтажной застройки при использовании различных современных технологий модульного домостроения / К. О. Орлов // Технология и организация строительного производства. – 2013. – № 1 (2). – С. 40–42.
4. *Синенко С.А., Жадановский Б.В., Познахирко Т.Ю., Подорога Е.* Выбор способа производства строительных работ по совокупности технологических карт //Components of Scientific and Technological Progress. 2023. № 5 (83). С. 69-75.

О СОВРЕМЕННЫХ ФОРМАХ ДИСТАНЦИОННОЙ РАБОТЫ ПРОЕКТНЫХ БЮРО

В работе выполнен анализ опыта применения дистанционного формата работы в России и зарубежье, его адаптации и формах в рамках деятельности проектных компаний строительной отрасли.

В настоящее время высока актуальность вопросов, связанных с организацией процесса проектирования. На данный этап приходится около 10% сметной себестоимости строящегося объекта. Проектирование тесно взаимосвязано с производством работ. Даже один день простоя на крупной стройке из-за заминки среди проектировщиков может стоить 10 млн рублей [1,10,11].

В современных условиях цифровизации отрасли строительства особое место занимает переход проектных строительных компаний на дистанционный формат работы. Особенно актуальным данный процесс стал во время и после периода самоизоляции 2020 года, ведь организации строительной области относятся к предприятиям непрерывного цикла. [2, 10,11].

В связи с этим объем удалённых работ в проектном бюро постоянно обсуждается, ищутся новые формы, появляются попытки адаптировать имеющиеся в иных сферах формы организации труда:

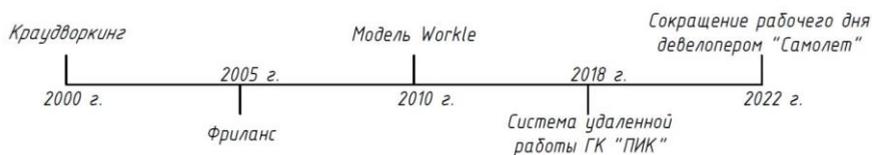


Рис.1 Хронология развития форматов удаленной работы

«Краудсорсинг» стал популярным в 2000-х годах [2]. Формат предполагает объединение неограниченного количества людей для выполнения задач без вознаграждения или за минимальную плату. Одним из типов «краудсорсинга» является «краудворкинг» – процесс привлечения специалистов для решения задач цифровой экономики: выполнения графических, программных функций, научных исследований и обработки данных. Основные преимущества данных форм взаимодействия базируются на открытости, наличии сообщества участников, децентрализации, гибкости, мотивации, масштабируемости,

соревновании и сотрудничества, инновациях, возникающих при объединении людей различных профессий, культур и опыта для достижения единой цели [2].

Следующим шагом в развитии форм дистанционной работы стала организованная в 2010-ом году модель, предлагающая возможность не только получать случайные внештатные задания, но и проходить обучение, получать официальный доход и строить карьеру - Workle [3].

В это же время в России начал развиваться фриланс. Фриланс – одна из форм удаленки, при которой работник выполняет различные задачи в соответствии с договоренностями. В отличие от платформ Workle, работник сам определяет вектор своего развития, а обучение проходит на сторонних ресурсах и за свой счет. Однако, в Роскачестве предупреждают, что за безопасность человека на фрилансе отвечает он сам, а не работодатель [4,11].

Данное предупреждение и потребность в привлечении сотрудников из других регионов поспособствовали развитию внутренней дистанционной структуры ГК «ПИК» в 2018 году, в рамках которой работа ведется удаленно по найму в соответствии с Трудовым Кодексом Российской Федерации [5].

Отдельным вопросом в настоящий момент становится длительность рабочего дня при удаленном формате работы. Работая в офисе, сотрудник имел возможность отвлечься от задач, выпить кофе с коллегами, посоветоваться с руководителем и принять участие в совещании в рабочее время. При переходе на «удаленку» контроль за проводимым в решении рабочих задач времени ужесточился.

Согласно [6], новые технологии снижают временные затраты на производство, а значит, должна снижаться продолжительность рабочего дня. В 2022 году девелопер «Самолет» ввел четырехдневную рабочую неделю [7].

Таким образом, проектные организации активно находят новые форматы виртуальной организации труда [8]. Магистральным направлением дальнейших исследований видится создание методики организации иерархии внутри проектной компании и совершенствование процесса подбора персонала для её эффективной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кирилл Поляков 10 млн рублей может стоить день простоя на крупных стройках [Электронный ресурс]// Ведомости.Недвижимость: электронное издательство.

2. Мотовиц Т.Г.Развитие механизма краудворкинга в условиях цифровой экономики/Мотовиц Т.Г.//Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2023. – № 11. – С. 298-303

3. В России активно развивается бизнес интернет-площадок, которые сводят вместе заказчиков и исполнителей [Электронный ресурс]//ВЕДОМОСТИ.

4. В Роскачестве предостерегли фрилансеров от обмана при трудоустройстве на работу онлайн [Электронный ресурс]//ТАСС: 24.04.2020, URL: <https://tass.ru/obschestvo/8322593> (дата обращения: 10.02.2024 г.)

5. Кейс «ПИК-Проект»: перевести 2000 человек на удаленку до того, как это стало мейнстримом [Электронный ресурс]//VC.RU: 17.09.2020, URL: <https://vc.ru/services/159138-keys-pik-proekt-perevesti-2000-chelovek-na-udalenu-do-togo-kak-eto-stalo-meynstrimom> (дата обращения: 10.02.2024 г.).

6. Рабочий день длится восемь часов, но эксплуатация всё сильнее - экономист [Электронный ресурс]//ИА Регнум: электронное издательство, 09 июля 2020 г, URL: <https://regnum.ru/news/3006172> (дата обращения - 10.02.2024 г.)

7. Полгода назад девелопер «Самолет» ввел четырехдневку [Электронный ресурс]//VC.RU: 17.02.2023 г., URL: <https://vc.ru/samolet/609577-polgoda-nazad-developer-samolet-vvel-chetyrehdnevku> (дата обращения 10.02.2024 г.)

8. Славина, А.Ю. Повышение эффективности работы подразделения проектной организации на базе виртуальной среды/ С.А. Синенко, А.Ю. Славина // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2018. – № 4(1004). – С. 48-49.

9. *Синенко С.А., Жадановский Б.В., Познахирко Т.Ю., Подорога Е.* Выбор способа производства строительных работ по совокупности технологических карт //Components of Scientific and Technological Progress. 2023. № 5 (83). С. 69-75.

10. *Sinenko S A., Aliev S A.* Visualization of process maps for construction and installation works//3rd International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2020) IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering905 (2020) 012063.

11. *Познахирко Т.Ю., Бунякин С.Н.* Активный BIM для оптимизации расположения складских площадок и башенных кранов//Перспективы науки. 2023. № 5 (164). С. 163-166.

ПАССИВНЫЙ И АКТИВНЫЙ ДОМ КАК СТАНДАРТЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Затраты, требуемые в процессе этапа эксплуатации жизненного цикла объекта капитального строительства, могут достигать больших значений, однако при применении современных проектных решений возможно кратно снизить энергопотребление здания, и соответственно, стоимость его обслуживания.

В соответствии с российскими нормами, энергосбережение – это реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования [1].

Добиться данного эффекта можно различными способами, рассмотрим один из популярных вариантов энергоэффективных зданий – концепция пассивного и активного дома.

Согласно Европейскому стандарту пассивный дом – это дом, который в процессе своей эксплуатации имеет удельный расход тепловой энергии на отопление $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$, а общий расход первичной энергии $120 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$ [2]. Низкое энергопотребление пассивных домов обеспечивается рядом требований к их проектному решению, таких как теплоизоляция ограждающих конструкций и отсутствие в них мостиков холода, применение сертифицированных для таких зданий светопрозрачных конструкций и специализированного оборудования для вентиляции помещений (рис. 1).

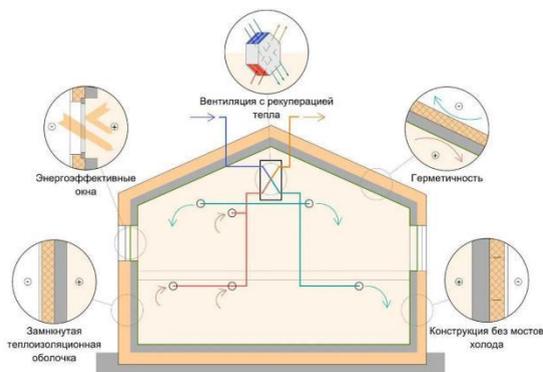


Рис. 1. Принципы пассивного дома

Качественная теплоизоляция – один из определяющих факторов для успешной реализации пассивного дома, поскольку тепловые потери через ограждающие конструкции составляют более 50% [3]. Требования, предъявляемые к утеплителю гораздо выше, чем в обычных домах. Цель такой изоляции добиться эффекта термоса, только так можно обеспечить высокую эффективность остальных составляющих пассивного дома.

Даже качественно выполненная теплоизоляция не сможет реализовать свою прямую функцию при наличии мостов холода, а в концепции пассивного дома это становится особенно заметным. Наличие тепловых мостов весьма значительно сказывается на тепловых потерях, поэтому при проектировании энергоэффективных зданий необходимо использовать современные методики, а также производить мониторинг ограждающих конструкций на стадиях жизненного цикла объекта [4].

Проектное решение и способ монтажа оконных блоков напрямую влияет на теплопроводность и герметичность здания в целом. При строительстве пассивного дома подразумеваются сертифицированные окна способные обеспечить требуемые параметры. Их конструкция состоит из нескольких камер со специальным покрытием [5].

Достижение вышеупомянутого эффекта термоса невозможно без герметичной внутренней оболочки. Стандарты пассивного дома устанавливают определенные численные требования к герметичности наружной оболочки. Значение предельной кратности воздухообмена должно составлять не более $0,6 \text{ ч}^{-1}$ [2]. Данные испытания по методике BlowerDoor должны проводиться для всех энергоэффективных домов, с целью определения действительных значений герметичности.

Пассивный дом невозможен без продуманной системы вентиляции. Поскольку дом является герметичным, то воздухообмен возможен за счёт приточно-вытяжной системой вентиляции. Однако этого недостаточно, необходимым решением является наличие рекуператора воздуха. Это устройство забирает тепло из нагретого выходящего потока и сообщает его холодному поступающему воздуху. Рекуператор обеспечивает комфортную среду и экономическую выгоду в перспективе, но требует внимания в процессе эксплуатации и повышенных требований к инженерным системам здания.

Обобщая вышеперечисленные тезисы, пассивный дом – это комплексный капитальный объект, который требует особого внимания на всех этапах жизненного цикла строения, причем экономическая выгода достигается при продолжительной эксплуатации.

Активный дом является развитием идеи пассивного дома, но его энергопотребление становится отрицательным. Это означает, что активный дом способен генерировать энергию в процессе эксплуатации.

Выработка энергии может осуществляться с помощью инженерного оборудования, например, тепловых насосов и солнечных коллекторов.

Земляные тепловые насосы – это устройства, которые собирают тепловую энергию из грунта и передают её в систему горячего водоснабжения и вентиляции. Работа тепловых насосов может быть осложнена специфическими грунтами, что замедляет их распространение.

Солнечно-водяной коллектор состоит из прозрачных трубчатых профилей. Благодаря специальной плёнке солнечная энергия эффективно абсорбируется и преобразовывается на нужды горячего водоснабжения. Эффективность таких установок во многом зависит от географического положения и климатических условий.

Стандарты пассивного и активного дома уже на практике доказали свою эффективность, но в массовом домостроении ещё не нашли широкого применения. Это обусловлено общей технологической сложностью и отложенной экономической выгодой.

Цели дальнейших исследований заключаются в более детальном рассмотрении методов и способов современного расчёта энергоэффективных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий». – М.: 2013.
2. *Елохов, А. Е.* Особенности проектирования пассивного дома в России / А. Е. Елохов // Вестник МГСУ. – 2009. – № 4. – С. 313-316.
3. *Советников, Д. О.* Строительство здания, отвечающего стандартам пассивного дома / Д. О. Советников // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 9(24). – С. 11-25.
4. *Коротеев, Д. Д.* Прогнозирование энергозатрат в системах управления домашним энергопотреблением с применением метода машинного обучения / Д. Д. Коротеев, Т. А. Коротеева, Ц. Хуан // Строительство и архитектура. – 2023. – Т. 11, № 2(39). – С. 6.
5. *Даниева, М. М.* Использование энергоэффективных пластиковых окон при строительстве жилых зданий / М. М. Даниева, А. Н. Слесарев // E-Scio. – 2019. – № 5(32). – С. 62-65.

Студент магистратуры 2 года обучения 24 группы ИПГС Сергеев Л.С.

Научный руководитель - проф. каф. ТОСП, д-р. техн. наук, проф. С.А. Синенко

МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРИ МОНТАЖЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Монтаж металлических конструкций является неотъемлемой частью строительства высотных зданий. Качество сборки и установки таких конструкций имеет прямое влияние на безопасность объекта, его долговечность и функциональность. [1]. Инструментальный контроль при монтаже металлических конструкций представляет собой один из ключевых этапов производственного процесса. [2,3]. Актуальность исследования на данную тему связана с несколькими аспектами:

1. **Безопасность:** Правильная организация инструментального контроля на этапе монтажа поможет минимизировать риски возникновения аварийных ситуаций и несчастных случаев.

2. **Качество:** Корректный инструментальный контроль при монтаже металлических конструкций гарантирует высокое качество сборки. Наличие методики организации контроля поможет предотвратить ошибки и возможные дефекты в конструкциях, что в свою очередь повышает надежность и долговечность высотных зданий.

3. **Экономическая эффективность:** Контрольные мероприятия при монтаже конструкций могут быть затратными. Разработка методики организации инструментального контроля позволит оптимизировать процесс и снизить затраты, обеспечивая эффективное использование ресурсов.

4. **Профессиональное развитие:** По мере развития строительной отрасли возникают новые технологии и методы монтажа металлических конструкций. Исследование на данную тему способствует повышению квалификации специалистов и адаптации к современным требованиям.

Основные требования к инструментальному контролю при монтаже металлических конструкций включают:

1. **Контроль размеров и геометрии конструкций:**

– Проверка соответствия размеров, углов, формы, геометрии конструкций требованиям проектной документации.

– Использование измерительных инструментов (лазерных уровней, угломеров) для точного контроля геометрических параметров конструкций.

2. Контроль качества сварочных работ:

– Визуальный контроль сварочных швов на соответствие требованиям нормативных документов.

– Проведение дефектоскопии сварных соединений при необходимости.

– Использование контроля методом ультразвука, радиографии или других неразрушающих методов для выявления скрытых дефектов.

3. Контроль качества монтажа:

– Проверка правильности установки и крепления конструкций.

– Контроль зазоров и подвижности соединений.

– Проверка соединительных элементов на соответствие требованиям производителя.

4. Контроль степени защиты от коррозии:

– Проверка качества защитного покрытия металлических конструкций.

– Контроль состояния мест контакта и сопряжения элементов конструкций.

5. Соблюдение технологических требований:

– Контроль соблюдения последовательности монтажа работ.

– Проверка исполнения сварочных работ в соответствии с требованиями технологической документации.

Инструменты для проведения инструментального контроля могут включать мерные инструменты (линейки, штангенциркули, микрометры), геодезическое оборудование (теодолиты, нивелиры), контрольно-измерительные приборы (ультразвуковые дефектоскопы, радиографы), а также инструменты для проверки покрытий и состояния поверхности металла[2,5].

Системы геодезического контроля. Современные системы геодезического контроля обеспечивают высокую точность измерений координат и геометрических параметров металлических конструкций. Они позволяют проводить контроль монтажа на этапе установки и после завершения работ [2,4].

Использование специализированного программного обеспечения. Существует множество программных продуктов, предназначенных для

инструментального контроля при монтаже металлических конструкций. Они позволяют проводить анализ данных, создавать отчеты и визуализировать результаты контроля для принятия управленческих решений [5-7].

Таким образом, современные технологии в инструментальном контроле при монтаже металлических конструкций позволяют повысить эффективность работ, обеспечить высокую точность контроля и минимизировать риски возникновения дефектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Коробко В. И., Коробко А. В.* Контроль качества строительных конструкций. Виброакустические технологии. Учебное пособие; Издательство Ассоциации строительных вузов - М., 2018. - 288 с.
2. *Познахирко Т.Ю., Казарян Р.Р.* О некоторых аспектах организационно-технологических решений монтажа металлоконструкций на примере возведения высотных общественных зданий// БСТ: Бюллетень строительной техники. 2023. № 9 (1069). С. 30-33.
3. *Синенко С.А., Познахирко Т.Ю., Частников А.А.* Исследование факторов, влияющих на эффективность монтажа металлоконструкций при возведении высотного здания// Наука и бизнес: пути развития. – №5.– 2019. с. 168-171.
4. *Познахирко Т.Ю.* Выбор комплекта машин для возведения объекта в заданный срок. // Строительное производство. 2021. №1. С. 33-38
5. *Синенко С.А., Жадановский Б.В., Познахирко Т.Ю., Подорога Е.* Выбор способа производства строительных работ по совокупности технологических карт //Components of Scientific and Technological Progress. 2023. № 5 (83). С. 69-75.
6. *Познахирко Т.Ю., Седова М.О., Казарян Р.Р.* Теоретические основы выбора рациональных методов и приемов монтажа металлоконструкций//БСТ: Бюллетень строительной техники. 2024. № 2 (1074). С. 15-17.
7. *Познахирко Т.Ю., Пleshкова Ю.И., Казарян Р.Р.* Разработка экономико-математической модели по определению рационального метода монтажа металлических конструкций//БСТ: Бюллетень строительной техники. 2024. № 2 (1074). С. 18-23.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ЖИЗНЕННЫМИ ЦИКЛАМИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В современных реалиях строительной индустрии на первый план выходят инновационные и прогрессивные технологии.

Одной из таких является строительная информационная модель BIM (англ. Building Information Model), представляющая инновационный подход к управлению информацией в строительной отрасли. Эта технология позволяет создавать цифровые модели зданий и инфраструктурных объектов, интегрируя в них разнообразные данные о геометрии, материалах, технических характеристиках и функциональных особенностях.

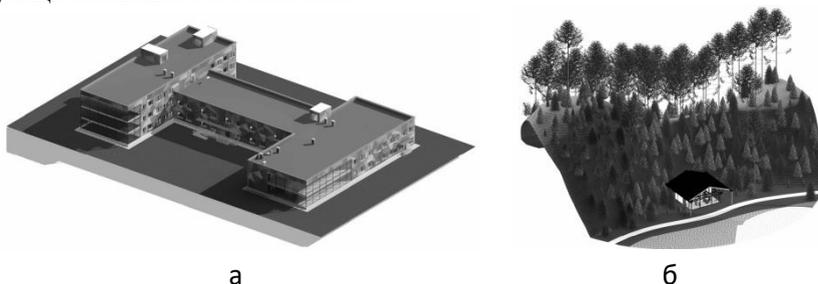


Рис. 1 примеры BIM моделей:

- а) BIM модель школы;
- б) BIM модель стеклянного фахверка.

Одним из преимуществ BIM технологий является использование инструментов, позволяющий разделить объект на стадии. Можно начертить то, что представляет из себя объект сейчас и вариант после реконструкции/капитального ремонта в одном объекте [1, 2. 7]. Таким образом все изменения будут видны в рамках одного файла.

Применение BIM технологий упрощает управление жизненным циклом:

- в едином файле приведены все данные об подключении и характеристики оборудования;
- упрощается процесс ведения технического осмотра, так как актуальная версия всегда под рукой;
- виден весь объём работ по демонтажу;
- для каждого элемента можно прописать пояснения и дополнительную информацию, которая сохраняется в модели;

– жизненный цикл цифровой модели объекта превосходит жизненный цикл объекта, так как даже после его сноса, информация о нём будет храниться в компьютерах [4;5].

– актуальная информация обо всех стадиях реализации хранится в одном месте.

Информационное моделирование используется на каждом этапе жизненного цикла объекта, включая инвестиционный этап, само строительство и введение в эксплуатацию, к которому относится техническое обслуживание здания и управление активами.

Информационная модель является пятимерной и включает в себя динамические 3D визуализации, а также такие параметры, как сроки и затраты на выполнения работ. Такой подход позволяет точно рассчитать эксплуатационные расходы на протяжении всего жизненного цикла объекта.

На этапе BIM проектирования, когда проектировщик создаёт модель здания, менеджер объекта может видеть таблицы данных о помещениях и оборудовании, что позволяет менеджеру обеспечить немедленную обратную связь. Управление пространством – это лишь одна из полезных областей, ещё до ввода здания в эксплуатацию менеджер объекта может решать такие задачи, как: продать или сдать в аренду пространство, спланировать расположение людей и отделов и наметить процесс переезда [3, 6].

На этапе технического обслуживания менеджер объекта может получить из BIM список оборудования и требований к техническому обслуживанию. При правильной настройке менеджер объекта может импортировать данные из модели здания, чтобы получить информацию о марке, модели и графике технического обслуживания оборудования и других активов. Вместо того, чтобы вводить всю эту информацию вручную, специалисты по строительству могут получить доступ к ней из BIM. Интегрировав систему, управляющие объектами могут одним нажатием кнопки найти дату окончания срока действия гарантии на лифт, который перестал работать. Нет необходимости перелистывать папки с документами или звонить установщику, чтобы узнать, действует ли ещё гарантия [5, 6].

На этапе реконструкции, например при планировании замены окон или добавлении новых продуктов, BIM может помочь проверить и предсказать влияние продуктов на эстетику и эффективность здания. Еще более важной является возможность информировать о реальности этих прогнозов. Используя BIM с большим объемом данных, управляющие объектами смогут отслеживать реальное положение дел в

сравнении с оценками, и отчитываться перед владельцем относительно фактических затрат в течение срока службы здания.

На этапе сноса или капитального строительства, принятие решений включает в себя сравнение стоимости ремонта и сноса. Эксплуатационные расходы также включаются в сравнение, поскольку старое и устаревшее оборудование может стоить дороже, чем покупка нового [1; 6, 7]. BIM обеспечивает более точную оценку стоимости как капитальных, так и эксплуатационных затрат в течение жизненного цикла объекта, что позволяет специалистам по строительству более точно прогнозировать затраты на ремонт и строительство. Это всего лишь несколько примеров того, как на каждом этапе жизненного цикла здания руководители объектов могут извлечь выгоду из BIM. Интегрируя информацию из модели здания в систему управления объектами, владельцы и менеджеры экономят время, деньги и продлевают срок службы здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Васильева, Н.В., Бачуринская, И.А.* Проблемные аспекты цифровизации строительной отрасли // Вестник Алтайской академии экономики и права – 2018 - №7. – с. 39-46.
2. *Дмитриев А. Н., Цыганкова А. А., Папикян Л. М.* Технологии BIM и их место в управлении проектами внедрения строительных инноваций: сб. материалов VIII Междунар. науч.-практ. конф. "Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании" (11-15 апреля 2018 г., Москва). М.: РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2018. С. 186-195.
3. *Ермакова А.А., Булжанова А.О.* Использование системы BIM в этапах жизненного цикла зданий и сооружений как новая ступень развития объектов кадастра недвижимости // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ – 2018. №8. С. 105-111.
4. *Талапов В.* Жизненный цикл здания и его связь с внедрением технологии BIM // САПР и графика – 2017. №2(244). С. 8-12.
5. *Топчий Д.В., Познахирко Т.Ю.* Особенности внедрения BIM в процесс разработки проектной документации // Строительное производство. – №1. –2020 г. – с .69-72.
6. *Познахирко Т.Ю., Бунякин С.Н.* Активный BIM для оптимизации расположения складских площадок и башенных кранов//Перспективы науки. 2023. № 5 (164). С. 163-166.
7. *Sinenko S., Poznakhirko T.* On the Issue of Forming Construction Machinery Sets When Performing Construction and Installation Work // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1079, Chapter 1. 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1079 022029

Студент 3 курса 12 группы ИПГС Трапезников И.И.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук, доц. Коротеев Д.Д.

ИНВЕСТИЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ И РИСКИ

Одними из наиболее распространенных инструментов финансирования строительной сферы являются инфраструктурные облигации. Это направление актуально на сегодняшний день, в связи с эффективностью вложенных средств в данный инструмент.

Инфраструктурные облигации представляют собой финансовые инструменты, выпускаемые государственными или частными организациями для привлечения средств на финансирование инфраструктурных проектов. Они обычно характеризуются фиксированным доходом и сроком погашения, а также могут быть обеспечены доходами от конкретных инфраструктурных объектов или гарантией со стороны выпускающей их стороны. Инвесторы приобретают данные облигации с целью получения стабильного дохода и участия в финансировании различных проектов, таких как строительство жилых зданий, дорог, мостов, аэропортов, энергетических и коммунальных объектов. [1] [2]

Основными преимуществами инфраструктурных облигаций перед другими методами финансирования является их способность обеспечить долгосрочное финансирование проектов при стабильном и предсказуемом доходе для инвесторов. Кроме того, инфраструктурные облигации позволяют разнообразить источники финансирования, привлекая капитал от различных инвесторов, что способствует более эффективному использованию доступных ресурсов и снижению финансовых рисков. Для инвесторов инфраструктурные облигации обеспечивают возможность получения стабильного дохода и участия в развитии инфраструктуры города или страны, что делает их привлекательным инвестиционным инструментом среди тех, кто ищет защиту капитала и долгосрочные инвестиционные возможности. [3]

Вышесказанное можно проанализировать на примере: Инвестор решает вложить свои средства в строительство дома для последующей продажи. Он приобретает земельный участок под застройку в перспективном районе города. Затем инвестор разрабатывает проект дома, учитывая потребности рынка и требования строительных норм. Для финансирования строительства он привлекает капитал в виде кредита у банка или инвестиционного фонда.

Дом начинают строить, и инвестор вкладывает средства в закупку материалов, оплату услуг строителей, выполнение строительных работ и

технический надзор. После завершения строительства дома, который соответствует высоким стандартам качества, инвестор проводит маркетинговые и рекламные мероприятия для привлечения потенциальных покупателей. После продажи дома инвестор получает прибыль от реализации проекта. В случае успешного инвестирования, прибыль может быть значительной и составить немалую разницу между стоимостью вложенных средств и выручкой от продажи, учитывая все затраты на строительство и обслуживание кредита.

Жизненный цикл инфраструктурных объектов представляет собой последовательность этапов, начиная с планирования проекта. На этом этапе определяются цели, разрабатывается концепция и проводится оценка как технической, так и финансовой возможности реализации. Далее следует этап финансирования, где осуществляется привлечение инвестиций, включая выпуск инфраструктурных облигаций, для покрытия затрат на проект. После этого происходит непосредственное строительство, включающее закупку материалов, строительные работы и контроль качества. После завершения строительства объект вводится в эксплуатацию, начинает приносить доход и обеспечивать обслуживание нужд инфраструктуры. Полученные доходы могут использоваться для получения прибыли, погашения облигаций и выплаты процентов инвесторам. В последующем объект может потребовать реконструкции и капитального ремонта, что уже является следующим этапом в жизненном цикле.

Использование инфраструктурных облигаций, несмотря на их привлекательность, эффективность и выгоды, содержит в себе некоторые риски. Основные из них включают в себя финансовые, проектные, рыночные и политические аспекты. Финансовые риски могут возникнуть в случае невыплаты процентов по облигациям или невозврата основной суммы инвестиций. Проектные связаны с возможными задержками в реализации инфраструктурных проектов, перерасходом бюджета или техническими неполадками, которые могут повлиять на прибыльность инвестиции. Рыночные риски могут проявиться в изменении ставок процента, курсов мировых валют, или спроса на строительные и инфраструктурные услуги, что может повлиять на цены и доходность облигаций. Политические могут возникнуть из-за изменений в законодательстве страны, налоговой политике или геополитических событий, которые могут повлиять на инвестиционный климат и условия вложений. Для снижения рисков инвесторы могут применять различные стратегии, такие как диверсификация портфеля, анализ кредитоспособности эмитентов и использование страхования от непредвиденных и неблагоприятных событий. Однако вложение в инфраструктурные облигации всегда

остаётся связанным с определенной степенью риска, которая требует внимательного анализа и оценки со стороны инвесторов. [4] [5].

В заключение, следует отметить, что инфраструктурные облигации представляют собой важный и эффективный инструмент финансирования инфраструктурных проектов, способствующих экономическому развитию и улучшению качества жизни. Для инвесторов важно проводить тщательный анализ и оценку рисков, принимать меры по их снижению и применять стратегии управления портфелем. Несмотря на возможные риски, инфраструктурные облигации остаются привлекательным инвестиционным инструментом с потенциалом для получения стабильного дохода и участия в развитии общественной инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шлапакова Н. А., Учаева Т. В., Зоткина К. Г.* Инвестиции в строительстве. Оценка инвестиционных проектов //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2018. – №. 8. – С. 138-144.
2. *Плотников А. В.* Проектное финансирование с использованием инфраструктурных облигаций //Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. – 2019. – №. 1 (39). – С. 19-22.*Рохманова Д. А.* Особенности инвестирования строительства в современных условиях //Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – №. 3-3 (34). – С. 86-87.
3. *Сазыкина С. А.* Инфраструктурные облигации: зарубежный опыт и риски применения в России //Научный результат. Экономические исследования. – 2018. – Т. 4. – №. 1. – С. 95-99.
4. *Мнацаканян А. Г., Саргсян С. А.* Проблемы и перспективы использования инфраструктурных облигаций для финансирования проектов в Российской Федерации //Финансовый бизнес. – 2021. – №. 1. – С. 40-43.
5. *Юмшанов М.В.* Статистический анализ занятости молодежи / М.В. Юмшанов // Управленческий учет – 2023. - №6. – С. 269-276

Студент 3 курса 20 группы ИИЭСМ Федоров А.Т.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук А.С. Болотова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (БПЛА) В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В 2023 году Правительством РФ была разработана стратегия по развитию беспилотной авиации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года определяющая развитие и формирование будущего облика авиации БПЛА на указанные периоды, в том числе в интересах развития высокотехнологичных отраслей экономики и совершенствования софта беспилотников как продукта, обеспечения технологической независимости РФ, расширения инфраструктуры для безопасного применения дронов и наращивания кадрового потенциала данной отрасли [4]. В данной статье рассматривается использование беспилотных летательных аппаратов на всем жизненном цикле здания. Акцент сделан на возможностях их применения, технологических аспектах, а также на достигнутых результатах в области дефектоскопии и мониторинга зданий.

Этап проектирования



Рис. 1. 3D модель местности



Рис. 2. Воздушная съемка строительной площадки

На этапе проектирования БПЛА используются для: создания высокоточных 3D-моделей зданий, сооружений и окружающей территории, которые помогают работникам строительной отрасли быстрее, точнее и проще решать различные задачи: по построению

актуальной пространственной модели строительной площадки, здания, сооружения или любого другого объекта, определению земляного баланса, расчету оптимальных маршрутов движения техники, межеванию территории и др. [1]

Этап строительства



Рис. 3. Воздушная съемка строительной площадки

На этапе строительства БПЛА используются для: регулярного мониторинга прогресса строительства и выявления любых отклонений от графика, проблем с качеством работ или поставляемой продукции; проведения инспекций безопасности и других видов контроля на строительной площадке [2].

Этап эксплуатации



Рис. 4. Обследование здание на предмет энергоэффективности конструкций

На этапе эксплуатации БПЛА используются для: регулярных инспекций зданий и сооружений, таких как крыш, фасадов и систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Это помогает выявить потенциальные проблемы и спланировать профилактическое обслуживание; обследования зданий после стихийных бедствий, таких как ураганы или землетрясения, для оценки ущерба и определения приоритетности ремонтных работ; мониторинга энергоэффективности зданий путем измерения теплопотерь [3].

Этап сноса

На этапе сноса дроны, как правило, используются для контроля сроков выполнения работ, соответствия выполняемых работ проекту,

учета задействованной техники, соблюдения техники безопасности, правильности переработки и утилизации строительного мусора.

В заключение следует сказать, что в современном мире использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) становится все более распространенным методом обследования зданий и сооружений, обеспечивая эффективный и точный сбор данных. Их возросшая доступность, технологические возможности и относительная легкость в управлении делают их важным инструментом для инспекции и мониторинга состояния сооружений. БПЛА в строительстве представляют собой мощный инструмент для получения детальной информации о состоянии обследуемого объекта. Технологические возможности дронов способствуют улучшению эффективности, безопасности и точности проведения инспекций, при меньших затратах, что делает их важным элементом в современной строительной отрасли [5]. В строительной отрасли России использование БПЛА пока что слабо развито в отличие от других стран, таких как США, Япония, Китай и др.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байбурин А.Х., Кочарин Н.В. Применение цифровых технологий в строительстве. С.74-84.
2. Мустафинов, К. Д. БПЛА в строительстве // Наука и инновации - современные концепции. 27 марта 2020 года Том 1 – С. 83-87.
3. Крамаренко, А. В. Анализ возможности использования дронов в современном строительстве / К. С. Краснова // Наука и образование: новое время. – 2017. – № 6(23). – С. 313-319.
4. Быстров, А. В. Анализ стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации / А. Г. Радаikin, В. В. Голубев // Проблемы и перспективы развития промышленности России. 20 апреля 2023 года – С. 34-42.
5. Строительный контроль зданий и сооружений с применением мультикоптеров и фотограмметрии / В. В. Корнев, Н. С. Орлова, А. В. Улыбин, С. Д. Федотов // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2018. – № 2(65). – С. 40-58.

Студент 3 курса 4 группы ИГЭС Частова В.Ю.

Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук Болотова А.С.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА

Использование технологий компьютерного зрения позволяет снизить уровень производственного травматизма и смертности среди строительных рабочих из-за нарушения ими требований охраны труда, помогает минимизировать ущерб имуществу, вызванный действием третьих лиц, инфраструктуре, снижать риски угрозы жизни здоровью строительных рабочих и вероятность террористических актов на территории строительства [1-2].

Системы искусственного интеллекта применяются на многих этапах жизненного цикла объекта. При строительстве терминала аэропорта Хонолулу на Гавайях были использованы беспилотные летательные аппараты компанией Skycatch. Данные технологии обладали камерами искусственного зрения, которые позволили собрать данные о ходе строительства, что помогло выявить проблемы в работе для своевременного устранения. Также благодаря данным технологиям процесс строительства был и ускорен на 6 месяцев, а затраты снизились на 10% [7].

В России группа компаний «Самолёт» занимается тестированием робособак. Данные технологии способны контролировать соответствия построенного объекта проекту. Также робособаки следят за техникой безопасности на площадках и проведут различные измерения [6].

Проанализировав опыт строительных компаний «Advantech» и "BuildGuide", которые практикуют использование данных технологий, исходя из официальных сайтов компаний и других источников информации, была составлена характеристика применения компьютерного зрения на различных этапах жизненного цикла объекта [4-5].

Процент применения искусственного интеллекта, который был получен опросом и сбором статистических данных с сайтов компании, на той или иной фазе зависит от количества задач, которые выполняет искусственный интеллект на определённом этапе строительства, в

результате чего получилось, что на инвестиционной стадии чаще используют.

Система, позволяющая автоматически снимать фотографии и анализировать их с помощью ИИ, на прединвестиционной фазе своевременно выявляются несоответствия проектной документации и отклонения от нормативных требований. На инвестиционной фазе ИИ помогает обеспечить безопасность работников, своевременно обнаружить коррозию, дефекты в бетоне, трещины, протечки.

На эксплуатационной фазе ИИ участвует в проведении мониторинга экономических показателей и в проверке сертификации производства, продукции и реализации. На ликвидационной фазе технологии ИИ способны участвовать в решении различных организационных и юридических вопросов о прекращении деятельности. Таким образом, мы видим, что на инвестиционной фазе процент применения искусственного интеллекта гораздо выше, чем на других фазах [3].

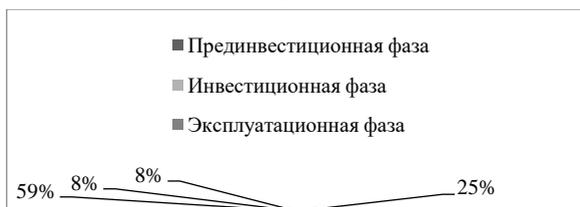


Рис.1. Процент применения ИИ на различных этапах ЖЦ объекта

Продолжительность строительства и качество готового объекта зависит в большей степени от качества выполнения и организации производства. Именно благодаря компьютерному зрению данные процессы можно автоматизировать, так как данные технологии способны «видеть» и анализировать полученную информацию.



Рис. 2. Жизненный цикл объекта строительства

Но в данный момент отсутствует система, способная отслеживать процесс строительства самостоятельно, без участия конкретного специалиста. В дальнейшем необходимо исследовать применение в инвестиционной фазе в производственных процессах имеющихся программных продуктов на российском рынке, их плюсы и минусы, а также их влияние на продолжительность и качество строительства, рассмотреть применение технологий на базе компьютерного зрения для контроля качества работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кульчицкий А.А., Булатов В.В., Бойков А.В., Комарова Т.Ю., Бажин В.Ю. Применение систем технического зрения для контроля технологических параметров и оборудования на производстве [Электронный ресурс] // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sistem-tehnicheskogo-zreniya-dlya-kontrolya-tehnologicheskikh-parametrov-i-oborudovaniya-na-proizvodstve>
2. Моргунов В.В. Применение машинного зрения в области контроля качества [Электронный ресурс] // URL: <https://s.eduherald.ru/pdf/2019/2/19609.pdf>
3. Симаков В. В., Вениг С. Б., Арзютов И. Н. Использование машинного зрения в управлении качеством на производстве [Электронный ресурс] // URL: file:///C:/Users/New/Desktop/наука/23-24/тсп%20статья/27-03-02_002.pdf
4. Хамидов Б. С. Современные возможности искусственного интеллекта в строительной отрасли [Электронный ресурс] // URL: <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2023-3/b23-khamidov.pdf>
5. Швец Ю.Ю., Морковкин Д.Е. Управление развитием строительной отрасли на основе внедрения искусственного интеллекта и передовых технологий в современных экономических условиях [Электронный ресурс] // URL: <https://esj.today/PDF/62ECVN423.pdf>
6. Качарян А.Г., Татаренков А.И. Робототехника и искусственный интеллект в строительстве: перспективы и вызовы [Электронный ресурс] // URL: https://alley-science.ru/domains_data/files/
7. Гайнуллина Р.Р., Харисова Р.Р., Литвин И.Ю. Возможности и риски применения искусственного интеллекта в строительном комплексе России [Электронный ресурс] // URL: https://ecsn.ru/wp-content/uploads/202401_68.pdf

Студент магистратуры 2 года обучения 2 группы ИПГС Щербаков М.А.

Научный руководитель – проф. каф. ТОСП., д-р техн. наук, проф. Синенко С.А.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Строительство является одной из ключевых отраслей экономики, причем строительные организации играют важную роль в реализации различных проектов. Организационная структура управления данными предприятиями имеет существенное значение для их эффективной работы, оптимизации процессов и улучшения качества выполняемых работ.

Поэтому изучение и оценка организационной структуры управления строительными организациями является актуальной задачей, способствующей повышению ее конкурентоспособности и устойчивости на рынке [1,5,7].

В современном мире управление строительными проектами является сложным и многогранным процессом, требующим высокой степени организации и контроля. Организационная структура управления строительными организациями играет ключевую роль в обеспечении эффективной работы и достижении поставленных целей [2].

Один из распространенных методов оценки организационной структуры управления строительными организациями – это анализ функциональной структуры. При этом методе проводится детальное изучение функций и обязанностей каждого подразделения или сотрудника в организации, определяются уровни ответственности и взаимодействия между ними [3,4].

Другим методом оценки организационной структуры является SWOT-анализ, который позволяет выявить сильные и слабые стороны организации, а также возможности для роста и угрозы для бизнеса. Применение SWOT-анализа позволяет оценить текущее положение компании на рынке, выявить стратегические преимущества и недостатки организационной структуры, а также определить потенциальные риски и возможности для улучшения деятельности.

Еще одним важным методом оценки организационной структуры управления строительными организациями является анализ структуры управления персоналом. При этом методе изучается система управления персоналом, процессы найма и обучения сотрудников, мотивация и стимулирование труда, а также система оценки эффективности и

развития персонала. Анализ структуры управления персоналом позволяет оценить профессиональные качества сотрудников, их мотивацию и уровень удовлетворенности работой, что влияет на общую эффективность работы организации.

Таким образом, оценка организационной структуры управления строительно-монтажными организациями является важным инструментом для оптимизации бизнес-процессов, повышения эффективности работы и достижения поставленных целей. Комбинирование различных методов оценки позволяет получить более полное и объективное представление о текущем состоянии организации и выявить возможности для улучшения работы и развития бизнеса [6].

Для проведения исследования оценки организационной структуры управления строительно-монтажной организации был использован комплексный подход, включающий в себя анализ документов (устава, положений, инструкций), опрос руководителей и сотрудников компании, наблюдение за рабочими процессами на предприятии, проведение структурированных интервью.

Одним из современных методов оценки организационной структуры управления является SWOT-анализ. SWOT-анализ позволяет выявить сильные и слабые стороны внутренней структуры управления организации, а также возможности для роста и угрозы внешней среды. SWOT-анализ помогает выявить потенциальные проблемы в организационной структуре управления и разработать стратегию их решения [6,7].

Еще одним эффективным методом оценки организационной структуры управления является аудит процессов управления. Проведение аудита позволяет выявить неэффективные процессы, устранить дублирование функций, определить уровень автоматизации управленческих процессов и выявить проблемные зоны, требующие дополнительного внимания.

Также важным методом оценки организационной структуры управления является использование баланса сил. Баланс сил позволяет выявить взаимодействие между различными уровнями и отделами управления, а также выявить недостатки в коммуникации, определить степень централизации или децентрализации в организации.

В целом, современные методы оценки организационной структуры управления помогают организациям улучшить свою производительность, оптимизировать работу персонала и установить эффективную систему управления, соответствующую современным требованиям рынка.

Проведенное исследование позволило выявить основные характеристики организационной структуры управления строительно-

монтажной организации. Было выявлено, что наиболее эффективными оказались матричные структуры управления, позволяющие объединить преимущества функциональной и проектной организационных форм. Также было установлено, что высокий уровень внутренней коммуникации и прозрачность структуры способствуют сокращению времени на принятие решений и улучшению координации деятельности различных отделов.

Итак, современные методы оценки организационной структуры управления строительно-монтажной организации играют важную роль в повышении ее эффективности. Использование матричных структур, акцент на внутренней коммуникации и децентрализация управления являются ключевыми факторами, способствующими достижению поставленных целей и задач предприятия.

Дальнейшие исследования в этой области могут быть направлены на дальнейшее изучение влияния различных типов организационной структуры на конечные результаты работы строительно-монтажных организаций, а также на разработку рекомендаций по оптимизации управленческих процессов в данной сфере.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бондарев Е.Я.* Принципы построения и развития организационной структуры управления в строительстве / Е. Я. Бондарев, С. А. Кошель, Л. Н. Пономаренко // *Строительство и реконструкция*. – 2018. – № 6. – С. 13-16.
2. *Григорьев И.А.* Современные тенденции в организации управления строительной деятельностью / И. А. Григорьев, Н. В. Михайлова // *Промышленное и гражданское строительство*. – 2019. – № 2. – С. 40-47.
3. *Петров А.С.* Методы оценки эффективности организационной структуры строительной компании / А. С. Петров, О. В. Смирнова // *Управление строительным предприятием*. – 2017. – № 3. – С. 23-29.
4. *Иванов В.И.* Оценка эффективности управления строительными проектами с использованием современных методов / В. И. Иванов, Г. А. Кузнецов, О. П. Соколова // *Экономика строительства*. – 2016. – № 4. – С. 56-63.
5. *Познахирко Т.Ю.* Современные компьютерные методы календарного планирования // *Наука и бизнес: пути развития*. – №2. – 2019. – с. 118-123
6. *Синенко С.А., Жадановский Б.В., Познахирко Т.Ю., Подорога Е.* Выбор способа производства строительных работ по совокупности технологических карт // *Components of Scientific and Technological Progress*. 2023. № 5 (83). С. 69-75.
7. *Sinenko S., Poznakhirko T.* Summarising progressive approaches to choosing organisational and technological solutions for the construction of buildings// *MATEC Web of Conferences*– 193–2018. – 05011

СЕКЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Студенты 3 курса 16 группы ИПГС Заволокина Е.И., Акимова В.Г.
Научный руководитель – доц. каф. ИПМ, канд. тех. наук М.А.
Водяников*

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТРЕНДОВ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ: РОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ И ДРУГИХ ИНСТРУМЕНТОВ.

В современном мире организации стремятся не только к эффективному функционированию, но и к постоянному развитию, адаптируясь к быстро меняющимся трендам. Исследование современных трендов в организационно-технологическом проектировании выходит на передний план и играет важную роль в обеспечении эффективности и успешности проектов. Одним из ключевых аспектов такого исследования является анализ различных инструментов, которые могут быть использованы в рамках процесса проектирования, включая технологические карты. Технологические карты и другие инструменты играют важную роль, обеспечивая не только ясное представление о процессах, но и способствуя оптимизации ресурсов, повышению производительности и сокращению времени выполнения проектов, они являются ключевым инструментом для систематизации и визуализации процессов в рамках проекта [1-2].

Технологическая карта (ТК) – организационно-технологический документ, разрабатываемый для выполнения технологического процесса (процессов) и определяющий последовательность операций, требования к качеству и приёмке работ, трудоемкость, ресурсы и мероприятия по охране труда, средства механизации [3].

В технологическую карту включаются наиболее прогрессивные и рациональные методы по технологии строительного производства с использованием современных средств механизации, инструментов, приспособлений. Такой подход способствует уменьшению сроков строительства, росту качества работ, уменьшению их себестоимости.

Перечень выполняемых работ, последовательность выполнения работ, необходимые ресурсы (материалы, оборудование, трудовые ресурсы), нормы расхода ресурсов, сроки выполнения работ, требования к качеству работ [4-5].

Технологическая карта является основой для составления сметы строительства, а также для разработки календарного плана производства работ. Она также используется для контроля качества выполняемых работ и соблюдения сроков строительства [6].

До внедрения современных трендов в организационно-технологическом проектировании в строительстве в России пользовались следующими методами:

1. Метод сетевого планирования и управления (СПУ) применялся для планирования и контроля сроков реализации строительных проектов. Метод позволял определить последовательность выполнения работ, их продолжительность и взаимосвязи между ними [7].

2. Метод критического пути является подмножеством метода СПУ. Он позволяет определить критический путь проекта, т.е. последовательность работ, которая имеет наименьший запас времени. Это позволяет сосредоточить усилия на критических работах и обеспечить своевременное завершение проекта.

3. Метод календарного планирования. Календарное планирование использовалось для составления графика выполнения работ. График включал в себя перечень работ, их продолжительность и даты начала и окончания.

4. Линейный график Ганта является одним из наиболее распространенных инструментов календарного планирования. Он представляет собой горизонтальную шкалу времени, на которой отображаются работы и их продолжительность [8-9].

5. Метод поточного строительства использовался для организации строительства крупных объектов. Метод предусматривает разбивку строительства на отдельные потоки, которые выполняются параллельно.

Современные тренды в организационно-технологическом проектировании в строительстве включают в себя использование BIM-технологий, систем управления проектами, а также новых методов планирования и контроля, таких как метод освоенного объема и метод критической цепи.

Информационное моделирование зданий (BIM) — это цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта.

BIM — это общий ресурс знаний для получения информации об объекте, который служит надежной основой для принятия решений в течение его жизненного цикла, который определяется как существующий от самой ранней концепции до сноса.

В заключение, исследование современных трендов в организационно-технологическом проектировании и использование различных инструментов, включая технологические карты и другие программные приложения, позволяет повысить эффективность и успешность проектов. Оно помогает выявить проблемные места и улучшить процессы, а также использовать лучшие практики и стандарты для достижения поставленных целей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *С.В. Калошина, С.А. Сазонова, Д.Н. Сурсанов* Основы организации и управления в строительстве: учебное пособие /– Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2022. – 192 с.
2. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037.
3. *Lapidus, A.* The study of the calibration dependences used when testing the concrete strength by nondestructive methods / *A. Lapidus, T. Bidov, A. Khubaev* // MATEC Web of Conferences, Warsaw, 19–21 августа 2017 года. Vol. 117. – Warsaw: EDP Sciences, 2017. – P. 00094.
4. *Хубаев, А. О.* Организационно-технологический потенциал использования методов неразрушающего контроля при производстве бетонных работ в зимний период / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – № 4(82). – С. 101-104.
5. Modern Russian high-tech construction materials and their application in domestic construction industry (on example of metal-ceramic panels Hardwall) / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Bzhienikov, V. Nesterova* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol. 365, 3. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 032005.
6. *Бидов, Т. Х.* Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466-471. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471.
7. *Бидов, Т. Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25.
8. *Хубаев, А. О.* Определение методов повышения огнестойкости легких стальных тонкостенных конструкций / *А. О. Хубаев, А. С. Зиновкин, А. Р. Жолтиков* // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2023. – № 11(1071). – С. 40-43.
9. *Хубаев, А. О.* Описание эксперимента при расчете потенциала производства зимнего бетонирования / *А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 2. – С. 247-252.

МЕХАНИЗМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДБОРА КРАНОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Формирование современного строительного производства включает широкое использование грузоподъемных машин и механизмов. Особое значение приобретает правильный выбор и применение таких машин, чтобы наилучшим образом соответствовать конкретным условиям работы. На рынке появляются новые модели и модернизированные версии грузоподъемных кранов. В связи с постоянным развитием технологий и растущими требованиями отрасли, необходимо улучшить процесс подбора кранового оборудования.

Краны, используемые в строительстве, относятся к классу грузоподъемных машин, которые применяются для различных задач, связанных с разгрузкой, погрузкой и монтажом. Помимо общих характеристик, каждый из них имеет свои уникальные особенности, позволяющие классифицировать их по различным свойствам [1-2].

Наиболее распространены: козловые, полукозловые, порталный, полупортальный, стреловой типа грузовой, стреловой и башенный.

В прошлом выбор крановых устройств осуществлялся преимущественно на основе функциональности и номинальной грузоподъемности. Основным критерием была способность перемещать и поднимать грузы определенного веса. Однако с развитием промышленных технологий и повышением требований к безопасности, подход к подбору оборудования изменился [3-4].

Сегодня выбор кранового оборудования охватывает намного больше аспектов, чем просто грузоподъемность. Современные производители стремятся создавать максимально безопасные и эффективные решения, учитывая различные факторы, такие как особенности рабочей среды, основные потребности клиента, а также экологические и энергетические параметры.

Кроме того, современные краны обладают большей гибкостью и многофункциональностью, позволяя подстраиваться под различные виды задач. Например, вместо использования нескольких кранов для разных операций, сегодняшние модели способны выполнять задачи различной сложности, включая такие операции, как перемещение, вращение и наклон [5].

Важным критерием является грузоподъемность крана. Нужно учесть максимальный вес груза, который потребует перемещать с помощью крана, а также учесть потенциальную нагрузку на крановую

конструкцию. Важно выбирать кран с достаточной грузоподъемностью, чтобы обеспечить безопасность и эффективность работ.

Еще одним фактором, который следует учитывать при подборе кранового оборудования, является длина вылета. Длина вылета определяет зону охвата крана и его способность достигать определенных точек на объекте. Необходимо учитывать особенности местности, архитектурные особенности объекта и прочие факторы, которые влияют на длину вылета [6-7].

Другой важный аспект - условия эксплуатации крана. Краны могут использоваться в различных условиях, будь то холодные климатические зоны, влажные или агрессивные среды. Поэтому важно выбрать кран, который будет устойчив к воздействию различных факторов окружающей среды, чтобы гарантировать его долгий срок службы и безопасность работы [8].

Наконец, необходимо обратить внимание на качество и надежность производителя кранового оборудования. Надежный поставщик с опытом в данной отрасли обеспечит качественный продукт, соответствующий международным стандартам и нормам безопасности [9].

Механизм совершенствования подбора кранового оборудования является важным аспектом в индустрии подъемно-транспортных работ. Он направлен на оптимизацию процесса выбора подходящего крана для конкретных задач и условий эксплуатации.

Анализ существующего кранового оборудования и детальное изучение его характеристик позволяют определить слабые места и потенциальные улучшения. Это требует технических знаний и опыта, а также внимательного рассмотрения современных инновационных разработок. Новейшие технологии, такие как использование датчиков и автоматическое управление, позволяют повысить грузоподъемность, повысить точность и снизить риск человеческого фактора при эксплуатации кранов.

Развитие информационных технологий позволяет применять программное обеспечение для более точного подбора кранового оборудования. Специальные системы могут учесть не только основные технические требования, но и учитывать факторы вроде вида груза, наличия необходимых дополнительных функций и условия эксплуатации крана. Это сокращает время и ресурсы, затрачиваемые на подбор оборудования, и предоставляет более точные решения для специфических задач.

Сравнивая подбор кранового оборудования раньше и сейчас, можно сделать вывод, что современные технологии и инновации значительно улучшили функциональность, безопасность, эффективность и экологическую совместимость такого оборудования. Процесс подбора

стал более гибким и зависит не только от грузоподъемности, но и от многих других факторов, что способствует оптимальному выбору и повышению производительности в различных отраслях промышленности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кирнев А.Д., Несветаев Г.В.* Строительные краны и грузоподъемные механизмы. Справочник. - Санкт-Петербург, Феникс, 2013.- 672 с

2. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033.

3. *Хубаев, А. О.* Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / *А. О. Хубаев, Р. А. Байчоров, А. А. Урусов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314

4. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.

5. *Бидов, Т. Х.* Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / *Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254.

6. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90.

7. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С. 39-43.

8. *Бидов, Т. Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25.

9. *Бидов, Т. Х.* Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466-471. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471.

Студент 3 курса 16 группы ИПГС Галкин К.А.,

Студент 3 курса 16 группы ИПГС Бокшия И.А.

Научный руководитель – старший преподаватель каф. ЖКК, Р.С. Петрося

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ТРУДА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЧЕРЕЗ ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Строительная индустрия является одной из наиболее важных и динамично развивающихся отраслей мировой экономики. Однако, несмотря на значительные технологические прорывы в других сферах, строительство долгое время оставалось отстающим в плане эффективности и оптимизации затрат труда. В последние десятилетия, модульные технологии стали важным инструментом для изменения этой ситуации. Данный подход позволяет значительно улучшить процессы строительства, сократить сроки и затраты на реализацию проектов, а также повысить качество конечного результата. Модульные технологии в строительстве представляют собой метод, основанный на создании и сборке заранее изготовленных модулей или блоков на месте строительства. Эти модули, как правило, производятся на специализированных заводах, что позволяет существенно сократить время и ресурсы, затрачиваемые на сам процесс строительства. [1-2] Основные преимущества использования модульных технологий включают:

1. Улучшенное управление временем: с использованием модульных технологий вы можете заказать заранее изготовленные модули для каждой квартиры. Как только они будут доставлены на место строительства, процесс сборки станет простым и быстрым. В результате, сроки строительства сократятся на несколько месяцев, что позволит начать эксплуатацию объекта гораздо быстрее. [3]

2. Снижение затрат на рабочую силу: вместо того, чтобы иметь большое количество рабочих, занятых одновременно на стройплощадке, вы можете нанять небольшую группу специалистов для сборки модулей. Эти модули затем просто устанавливаются на месте, требуя минимального количества дополнительной рабочей силы. Это существенно снижает расходы на заработную плату и другие сопутствующие расходы. [4]

3. Повышенное качество: предположим, что вы строите отель. С использованием модульных технологий вы можете обеспечить стандартизацию каждого номера, так как модули изготавливаются по одним и тем же спецификациям. Это гарантирует, что качество каждого

номера будет одинаковым, что важно для удовлетворения потребностей клиентов и поддержания репутации отеля. [5]

4. Снижение общей стоимости строительства: Используя модульные технологии, вы можете существенно сократить общую стоимость строительства. Это происходит за счет нескольких факторов. Во-первых, модульные конструкции обычно производятся массово на заводах, что позволяет добиться экономии масштаба и снизить себестоимость производства. Во-вторых, использование модульных технологий позволяет оптимизировать расход материалов, так как каждый модуль может быть точно спроектирован и изготовлен с учетом минимальных потерь материалов. Наконец, улучшенное управление временем, как уже упоминалось ранее, позволяет экономить на затратах на рабочую силу и сократить сроки строительства, что в свою очередь снижает общую стоимость проекта. Таким образом, использование модульных технологий способствует существенному снижению общей стоимости строительства объекта. [6-9]

5. Уменьшение отходов материалов: например, если вы строите многоэтажное здание, используя модульные технологии, вы можете точно рассчитать количество материалов, необходимых для изготовления модулей. Это позволяет экономить на материалах и избежать излишков или необходимости в дополнительных заказах. Точное дозирование и использование ресурсов минимизирует отходы и снижает общие затраты на строительство. [10-11]

В современном мире, где скорость и эффективность играют ключевую роль в успехе проектов, применение модульных технологий в строительстве становится все более востребованным. Этот подход не только сокращает время и затраты на строительство, но и повышает качество конечного продукта. Однако, для максимальной эффективности необходимо учитывать специфику каждого проекта и адаптировать технологии под его требования. В целом, модульные технологии открывают новые возможности для оптимизации затрат труда и производительности в строительстве, что делает их важным инструментом в современной строительной индустрии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Хубаев, А. О.* Мировая практика в области модульного строительства / *А. О. Хубаев, С. С. Саакян, Н. В. Макаев* // *Construction and Geotechnics*. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 99-108. – DOI 10.15593/2224-9826/2020.2.09
2. *Хубаев, А. О.* Практика применения объемно-блочного домостроения в России / *А. О. Хубаев, С. С. Саакян* // *Вестник Пермского*

национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2020. – № 3(39). – С. 112-119.

3. *Бидов, Т. Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25.

4. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037.

5. *Бидов, Т. Х.* Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466-471. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471.

6. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071.

7. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С. 39-43.

8. *Lapidus, A.* The study of the calibration dependences used when testing the concrete strength by nondestructive methods / *A. Lapidus, T. Bidov, A. Khubaev* // MATEC Web of Conferences, Warsaw, 19–21 августа 2017 года. Vol. 117. – Warsaw: EDP Sciences, 2017. – P. 00094.

9. *Lapidus, A.* Organizational and technological solutions justifying use of non-destructive methods of control when building monolithic constructions of civil buildings and structures / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // MATEC Web of Conferences, Moscow, 14–16 ноября 2018 года. Vol. 251. – Moscow: EDP Sciences, 2018. – P. 05014. – DOI 10.1051/mateconf/201825105014.

10. *Бидов, Т. Х.* Разработка организационно-технологической модели потенциала устройства временного крепления стенок выемок при производстве работ нулевого цикла / *Т. Х. Бидов, Р. Т. Аветисян* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 427-431.

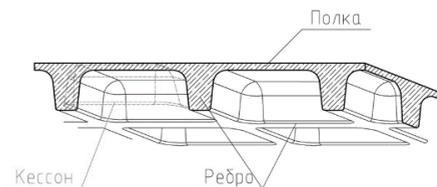
11. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С. 39-43.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ ОПАЛУБКИ КЕССОННОГО МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ

Кессонное перекрытие – вид безбалочного монолитного перекрытия, особенность которого заключается в формировании кессонов (по-французски «caisson», по-немецки «Kassette») – ящикообразных углублений в своде. Эти углубления необходимы для облегчения конструкции и членения ее на несущие ребра. [1-6] Ширину ребер принимают необходимой для размещения арматуры растянутой зоны и обеспечения прочности по наклонным сечениям, располагаются ребра взаимоперпендикулярно. Плиты в пролете работают как несколько балок таврового сечения, верхняя полка плиты – на местный изгиб между ребрами [1].



а



б

Рис 1. Кессонное перекрытие.

- а) Внешний вид реального изготовленного перекрытия,
- б) Фрагмент кессонного перекрытия с указанием элементов.

Кессонные перекрытия зачастую намного выгоднее сплошных монолитных перекрытий за счет значительного снижения веса конструкции, снижения расхода материалов, но кессоны намного сложнее устраивать. Если же при производстве сплошных перекрытий опалубкой зачастую выступают плоские листы фанеры, то при устройстве опалубки на кессонное перекрытие, необходимо соблюдать несколько нетиповых решений, большинство из которых вытекают из выбора типа опалубки.

1. Самонесущая опалубочная система (например типа «SKYDOME»). При выборе данной опалубки преимуществом является то, что отпадает необходимость в использовании большого количества настила из фанеры/досок под вкладыши – инвентарные объемные элементы опалубки. Все элементы опалубки данного типа производятся

на заводе. Так же демонтаж данного типа опалубки – самый простой в сравнение с демонтажем опалубок другого типа. Но большим минусом данного типа является высокая стоимость [2-3].

2. Комбинированный тип. Вкладыши располагают на настиле из фанеры или досок. Данная опалубка хороша тем, что она требует меньше стоек и балок, чем первый вариант, но при этом устройство данного типа более трудоемкое [4].

3. Опалубка, полностью изготовленная из фанеры. Объемные формообразующие элементы изготавливаются непосредственно прямо на площадке и устанавливаются на настил из фанеры. К недостаткам можно отнести долгий подготовительный период перед установкой опалубки. Этот вид наиболее предпочтителен для строительства частных домов малой площади. У данного типа есть несколько разновидностей, одна из которых – картонная опалубка. Кессоннообразователи изготавливаются из картона, оборачиваемого полиэтиленом. Такой вид опалубки невозможно применять больше одного раза [5].

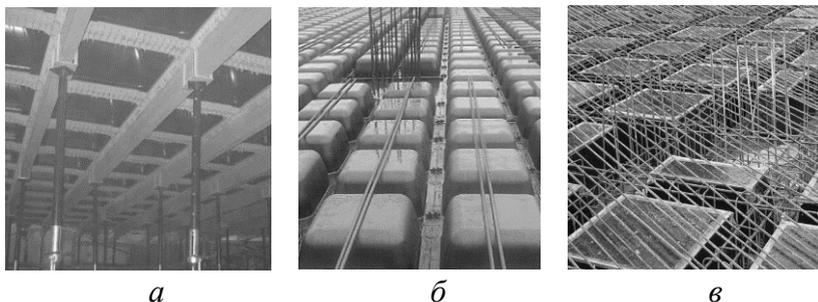


Рис.2 Типы опалубки

а) 1 тип, вид снизу

б) 2 тип, вид сверху

в) 3 тип с кессоннообразователями из ламинированной фанеры

Процесс монтажа опалубки первого типа осуществляется в следующей последовательности: Расстановка телескопических осуществляется под концы и стыки несущих опалубочных балок (прогонов). Стойки фиксируются в вертикальном положении треногами; Прогоны укладываются в оголовках телескопических стоек вилочными захватами; Инвентарные балки опалубки укладываются по верху прогонов; устанавливаются объемные элементы опалубки; размечаются места установки бортовой опалубки; монтируются бортовые упоры, стойки ограждения и бортовая опалубка [6-7].

Остальные типы опалубки монтируются аналогичным образом, только вместо опалубочных балок укладываются листы фанеры.

Соответственно, в технологической карте по устройству опалубки в первую очередь корректно и правильно должны быть описаны технологические процессы монтажа такой опалубки. В этом разделе необходимо учитывать тип опалубки, иметь точное описание последовательности монтажа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences: 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037.

2. *Lapidus, A.* The study of the calibration dependences used when testing the concrete strength by nondestructive methods / *A. Lapidus, T. Bidov, A. Khubaev* // MATEC Web of Conferences, Warsaw, 19–21 августа 2017 года. Vol. 117. – Warsaw: EDP Sciences, 2017. – P. 00094.

3. *Хубаев, А. О.* Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / *А. О. Хубаев, Р. А. Байчоров, А. А. Урусов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314

4. *Бидов, Т. Х.* Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / *Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254.

5. *Ланидус, А. А.* повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / *А. А. Ланидус, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26

6. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071.

7. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.

Студент 3 курса 17 группы ИПГС Валяев А.И.,

Студент 3 курса 17 группы ИПГС Ананьев М.А.

Научный руководитель – ведущий научный сотрудник НОЦ КТОС, канд. тех. наук А.О. Хубаев

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ПРИ УСТРОЙСТВЕ РАБОТ ПО СКАТНОЙ КРОВЛЕ

При устройстве работ по скатной кровле, формирование технологических карт помогает организовать и структурировать процесс выполнения работ. Технологическая карта представляет собой документ, в котором описываются последовательность операций, используемые материалы, инструменты и оборудование, а также требования к качеству и безопасности работ [1-3].

Нормативная база для разработки технологических карт включает в себя:

- типовые чертежи;
- своды правил (СП);
- заводские инструкции и технические условия (ТУ);
- нормы и расценки на строительно-монтажные работы (ГЭСН, ЕНиР);
- производственные нормы расхода материалов (НПРМ);
- местные прогрессивные нормы и расценки, нормы затрат труда, нормы расхода материально-технических ресурсов.

Технологическая карта для скатной кровли и плоской кровли различается в основных аспектах из-за разных характеристик и требований для каждого типа кровли [4-7]. Вот некоторые отличия:

1. Геометрия и конструкция: Скатная кровля имеет наклонную поверхность, угол наклона которой составляет от 5 до 90°, в то время как плоская кровля имеет горизонтальную или почти горизонтальную поверхность. Скат, образованный двумя плоскостями, сходящимися под углом. Часто используется на мансардных крышах, так как позволяет увеличить пространство под кровлей. В основном, крыши имеют один, два или четыре ската. Большее количество скатов встречается на остроконечных башенках или беседках. Вместе все эти факторы влияют на конструкцию и крепление материалов.

2. Материалы: Для плоской кровли, обычно более тяжелые материалы, чем для скатной кровли, так как они должны выдерживать постоянную нагрузку воды и снега.

Стоимость материалов для плоской кровли обычно дороже, чем для скатной кровли, из-за более строгих требований к водонепроницаемости и теплоизоляции.

Срок службы материалов для плоской кровли обычно имеют более короткий срок службы, чем для скатной кровли, из-за постоянного воздействия воды и УФ-излучения.

3. Дренаж: Скатная кровля имеет естественный способ стока воды благодаря своему наклону. Технологическая карта для скатной кровли будет включать информацию о системе дренажа, включая желоба, стоки и трубы. В плоской кровле требуется более активная система дренажа, так как вода может задерживаться на поверхности.

Основные разделы и подпункты, которые можно включить в технологическую карту при устройстве работ по скатной кровле:

1. Область применения.
2. Общие положения.
3. Организация и технология выполнения работ.
4. Калькуляция затрат труда.
5. График производства работ.
6. Безопасность.
7. Техничко-экономические показатели.

Рассмотрим подробнее организацию и технологию выполнения работ.

Двускатная крыша является наиболее распространенной при индивидуальном строительстве, она хорошо защищает от внешних факторов среды, таких как дождь, снег, ветер, солнечная радиация и помогает сохранить постоянство внутренней среды помещения.

Стропильная система – каркас крыши. Включает в себя: мауэрлат, стропильная нога, ригель, кобылки, коньковый прогон, лежень, свесы, стойка, подкосы, обрешётка.

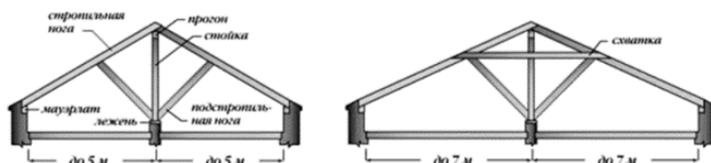


Рис.1. Стропильные конструкции.

Это лишь некоторые основные отличия между технологическими картами для скатной и плоской кровли. При проектировании и строительстве кровли важно учитывать специфические требования каждого типа кровли и следовать соответствующим рекомендациям и нормам.

Каждый из этих разделов и подпунктов может быть расширен и детализирован в зависимости от конкретных требований проекта и

нормативных документов. Технологическая карта помогает обеспечить структурирование и систематизацию работ, а также повышает качество и безопасность выполнения работ по скатной кровле.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Моисеев Э.В.*, Технологическая карта на устройство несущих конструкций скатной кровли деревянного панельного двухэтажного жилого здания. / *Моисеев Э.В., Шестопалов Е.Г., Гостева В.В., Задорожный И.А., Храпцов Д.А.* / Вологдинские чтения. - 2008. - № 70. - С. 22.

2. *Хубаев, А. О.* Мировая практика в области модульного строительства / *А. О. Хубаев, С. С. Саакян, Н. В. Макаев* // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 99-108.

3. Modern Russian high-tech construction materials and their application in domestic construction industry (on example of metal-ceramic panels Hardwall) / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Bzhienikov, V. Nesterova* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol. 365, 3. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 032005.

4. *Хубаев, А. О.* Анализ и сбор данных для проведения капитального ремонта в России / *А. О. Хубаев, Б. Р. Долов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 7. – С. 625-628. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-7-625-626.

5. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033.

6. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037. – DOI 10.1051/e3sconf/20199706037.

7. *Lapidus, A.* The study of the calibration dependences used when testing the concrete strength by nondestructive methods / *A. Lapidus, T. Bidov, A. Khubaev* // MATEC Web of Conferences, Warsaw, 19–21 августа 2017 года. Vol. 117. – Warsaw: EDP Sciences, 2017. – P. 00094. – DOI 10.1051/matecconf/201711700094.

*Студенты 3 курса 17 группы ИПГС Валяев А.И.,
Студенты 3 курса 17 группы ИПГС Ананьев М.А.
Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. тех. наук, доц. Т.К.
Кузьмина*

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ ПРОКЛАДКЕ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Трудно представить современный мир без быстрой и надёжной связи. Качественно проложенные сети – основа эффективной связи. Прокладка сетей – сложный инженерно-технический процесс, включающий в себя планирование, разработку маршрута, сам процесс прокладки и последующее обслуживание инфраструктуры [1]. Данный процесс различается в зависимости от типа сети и от окружающей среды.

Монтаж сетей связи – комплекс процессов, при которых устанавливают и настраивают инфраструктуру кабельной передачи данных, голосовой связи [2-4]. Планирование и проектирование является основой успешного строительства сети связи. На этом этапе проводится исследования, определяются потребности клиентов и окончательных пользователей. Также учитывается существующая инфраструктура, геологические, топографические, климатические условия местности. Маршрут оптимизируется с точки зрения затрат, пропускной способности и влияния на окружающую среду. Весь процесс начинается с проектирования. При формировании схем инженерного обеспечения используют свод правил. В данном своде правил прописаны минимальные расстояния между сетями, фундаментам зданий, расстояние от края дороги и бортового камня. Также кабели связи нельзя прокладывать вдоль проезжей части, разрешено пересекать ее перпендикулярно. Вдоль дороги можно прокладывать сети связи только в том случае, если это частная территория и кабели принадлежат также им. При проектировании района сеть связи подключают к ближайшему выпуску провайдера, далее распределяется по строящимся объектам [5-9]. Зачастую кабели связи прокладывают в коллекторе, но если коллектор не предусмотрен, то используют альтернативные способы прокладки, например в траншее или через опоры. Каждый способ прокладки кабелей связи имеет свои особенности. В коллекторах прокладываются оптические и электрические кабели связи в стальной, свинцовой оболочке. Прокладка может быть как ручной, так и механизированной. Используют кронштейны, на которых фиксируют консоли. При помощи тоннелей прокладывают любой тип сетей связи. Монтаж осуществляют при помощи передвижной грузовой платформы с барабаном. При движении платформы кабель разматывается с барабана

и кладется на консоли. Если в проектно-техническом решении применён способ прокладки сетей связи по мостам, то необходимо учитывать особенности конструкции моста, его протяженность. На мостах могут быть проложены любые типы кабелей связи. Проведение кабелей по железобетонным и металлическим мостам проводят в асбестоцементных трубах. Чтобы проложить кабель связи по деревянному мосту, необходимо использовать стальные трубы. Важно обеспечить изоляцию кабеля от металлических частей моста. Мост, который построен из металла, должен быть заземлён.

В грунте прокладывают бронированные оптические кабели с внешним полиэтиленовым шлангом. Сети связи прокладывают либо в открытую траншею, либо бестраншейным способом при помощи кабелеукладчиков. При использовании данного способа соблюдают следующие условия: траншею очищают от льда и обратную засыпку осуществляют мёрзлым грунтом. В траншею укладываются трубы и кабель. Современные технологии, такие как горизонтальное направленное бурение, позволяют минимизировать повреждение местности. При этом способе бур отводит грунт наружу и через образовавшийся канал протягивают кабель.

Существуют и беспроводные системы связи. Прокладка данных систем включает в себя планирование и размещение на территории станций и передатчиков, обеспечивающих максимальное покрытие на территории при минимальных затратах. Согласно государственному стандарту, эксплуатация сетей связи – комплекс мероприятий, включающих в себя поддержание параметров функционирования сетей связи с целью обеспечения устойчивого функционирования связи. В понятие эксплуатации сетей связи входит обеспечение выполнения мероприятий по вводу в эксплуатацию средств связи, оборудования для передачи данных с учетом требований к порядку ввода в эксплуатацию, установка и поддержание параметров функционирования сетей связи в процессе ее эксплуатации, ремонт сетей связи, проведение технического обслуживания, проведение аварийно-восстановительных работ на линии сетей связи, контроль параметров.

Прокладка сетей связи требует комплексного подхода и учёта множества факторов. Это сочетание инженерных знаний, использование современных технологий и оборудования. Каждый этап строительства необходимо тщательно планировать и координировать, чтобы обеспечить надежность, эффективность и долговечность сети связи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бидов, Т. Х.* Разработка организационно-технологической модели потенциала устройства временного крепления стенок выемок при производстве работ нулевого цикла / *Т. Х. Бидов, Р. Т. Аветисян //*

Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 427-431.

2. Modern Russian high-tech construction materials and their application in domestic construction industry (on example of metal-ceramic panels Hardwall) / A. Khubaev, T. Bidov, A. Bzhienikov, V. Nesterova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol. 365, 3. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 032005.

3. Хубаев, А. О. Анализ и сбор данных для проведения капитального ремонта в России / А. О. Хубаев, Б. Р. Долов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 7. – С. 625-628. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-7-625-626.

4. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / A. *Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033.

5. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / A. *Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037.

6. *Бидов, Т. Х.* Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / Т. Х. *Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254.

7. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / A. *Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071.

8. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / Т. Х. *Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105.

9. *Ланидус, А. А.* повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / А. А. *Ланидус, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ТРУДА

Совершенствование строительного процесса с помощью технического нормирования труда является ключевым аспектом повышения эффективности и качества строительных работ. Техническое нормирование труда в строительстве включает в себя разработку и установление стандартов времени, затрачиваемого на выполнение определенных строительных операций, а также определение оптимальных методов и технологий выполнения работ. Это позволяет оптимизировать процесс строительства, улучшить планирование и контроль за выполнением работ, а также повысить производительность труда рабочих.

Основная задача технического нормирования — это разработка технически обоснованных норм на расход ресурсов, соответствующих современному развитию общества и техники, а также снижение стоимости строительной продукции в целом. Одним из основных преимуществ технического нормирования труда в строительстве является возможность точного определения объема работ и необходимого количества ресурсов для их выполнения. Это позволяет избежать перерасхода материалов и времени, а также минимизировать затраты на строительство. Благодаря установлению стандартов времени на выполнение строительных операций можно эффективно планировать график работ и обеспечить их выполнение в срок [1-2].

В наше время развития технологий изменяются процессы, условия и эффективность всего, что связано со строительством в том числе. Крупные компании стали внедрять нормирование в свою жизнь, что влечёт за собой снижение расходов, повышение эффективности труда и потенциала организации. Кроме того, техническое нормирование труда способствует повышению качества строительных работ. Установление четких стандартов выполнения работ позволяет контролировать их качество на каждом этапе процесса и предотвращать возможные ошибки и дефекты. Это особенно важно в строительстве объектов с повышенными требованиями к безопасности и надежности, таких как жилые дома, мосты или промышленные сооружения.

В современных условиях нормирование труда наполняется новым содержанием [3-7]:

1) Нормирование необходимо рассматривать как элемент мотивации труда. Правильно установленная норма стимулирует как

работника, так и работодателя. Работник заинтересован в таком объеме работ, который обеспечит эффективное использование рабочего времени с адекватной справедливой оплатой труда. Работодатель с помощью рациональной нормы труда может учесть затраты на производство продукции, обеспечить высокий уровень производительности труда и эффективного использования техники.

2) Нормирование труда способствует оптимизации организации труда, производственного процесса, потребности в технике и оборудовании

3) При разработке норм труда в результате проведения хронометражных наблюдений проводится комплексная оценка объекта труда: технически обоснованная норма выработки; расход ресурсов; уровень использования времени смены; технико-экономическая оценка объекта труда.

Нормирование, как административный инструмент позволяет следить, как меняется производительность отдельного работника, звена, бригады или целой организации при внедрении инноваций, делать заключения о необходимости изменения процесса. Современные технологии и методики технического нормирования труда в строительстве позволяют автоматизировать процесс установления стандартов времени и контроля за выполнением работ. Использование специализированного программного обеспечения и оборудования позволяет собирать и анализировать данные о производительности труда, определять узкие места в процессе строительства и разрабатывать эффективные стратегии их оптимизации. Тем не менее, необходимо учитывать, что успешная реализация технического нормирования труда в строительстве требует не только внедрения современных технологий, но и обучения персонала и развития соответствующей культуры производства. Важно обеспечить поддержку со стороны руководства компании и активное участие всех участников процесса строительства для достижения максимальных результатов.

Как показывает практика, не все отрасли строительства могут нормироваться одинаково, отсюда некорректность использования ЕНИР, МНИР и ГЭСН, например:

1) «Росатом», как компания-представитель строительства в атомной промышленности создаёт собственные нормы, так как в процессе производства работ предприняты особые решения, которые не предпринимаются в других областях, например создание собственной промышленной базы вблизи строящейся атомной станции.

2) Крупные компании, занимающиеся строительством жилых многоэтажных зданий, прибегают к использованию технического

нормирования, так как всё чаще привносят инновационные решения в организации и технологии строительного процесса, например «ПИК»

3) Строительство зданий химической промышленности имеет особые нормы охраны труда, что, естественно, замедляет производственный процесс, но тем не менее должно быть соблюдено.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что популяризация технического нормирования даёт огромный толчок в практической, экономической, проектной и научной части строительства. Применение подобного подхода позволяет значительно сократить сроки проведения работ, минимизировать потери времени и ресурсов, повысить качество выпускаемой продукции, и иметь численное представление о процессах, происходящих непосредственно на строительной площадке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Чурилова К.С., Овчинникова О.Ф.* Содержание нормирования труда в современных условиях // Дальневосточный аграрный вестник. 2016. №2(38)

2. *Куликова В.В.*, Теоретические основы технического нормирования // Journal of Economy and Business, vol 10-2 (80), 2021

3. *И.Ю. Ануфриева, О.А. Гражданкина*, Управленческое и техническое нормирование труда: современные реалии и перспективы развития // ЭКОНОМИКА ПРОФЕССИЯ БИЗНЕС 2023. №2

4. *А.Н. Савенков*, Основные подходы к развитию технического нормирования в строительстве // NEW TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION V. 9, Issue 1, 2023

5. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037. – DOI 10.1051/e3sconf/20199706037.

6. Modern Russian high-tech construction materials and their application in domestic construction industry (on example of metal-ceramic panels Hardwall) / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Bzhienikov, V. Nesterova* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol. 365, 3. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 032005. – DOI 10.1088/1757-899X/365/3/032005.

7. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С. 39-43.

Студент 3 курса 17 группы ИСА Е Ц.

Студент 3 курса 17 группы ИСА Мунфека С.

Научный руководитель – ведущий научный сотрудник НОЦ КТОС, канд. тех. наук А.О. Хубаев

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

На протяжении веков в строительной отрасли постоянно происходил ряд инноваций. Некоторые материалы развиваются со временем, но другие являются новыми для отрасли. Необходимость не отставать от спроса на жилье, стихийных бедствий и растущих затрат на строительство создала потребность в разработке новых инновационных решений. В этой статье будут обсуждаться некоторые из новых инновационных строительных материалов [1].

"Умные" материалы — это материалы, которыми манипулировали для получения желаемых свойств полезным и контролируемым образом при воздействии любых внешних раздражителей. Сплавы с памятью формы, такие как нитиноловая проволока, используются в бетонных конструкциях в качестве арматуры. Они помогают контролировать трещины и уменьшают повреждения, вызванные колебаниями температуры или сейсмической активностью, обеспечивая стабильность и адаптивность. Умное стекло, такое как фотохромное стекло, контролирует дневное освещение с помощью встроенных в него датчиков, что позволяет снизить потребление энергии на освещение и повысить общую производительность здания. Более того, пьезоэлектрические материалы, такие как поливинилиденфторид, теперь используются в кровельных мембранах [2-4]. Встроенные в них датчики обнаруживают изменения давления, вибрации или температуры, предоставляя данные для повышения энергоэффективности и комфорта жителей. Самовосстанавливающийся бетон — это инновационный материал, который обладает способностью самостоятельно заделывать трещины и смягчать повреждения конструкции. В бетонную смесь добавляются адгезивные жидкости в виде капсул и волокон, и когда со временем в конструкции появляются трещины, они разрушаются, а содержащиеся в них жидкости залечивают трещины. Его основное применение - в фундаментах, стенах и настилах мостов. Трещины в бетоне со временем могут становиться глубокими и в конечном итоге достигать арматуры, вызывая ее коррозию. Использование самовосстанавливающегося бетона устраняет проблему на ранних стадиях, уменьшая необходимость в ручном ремонте и экономя время и трудозатраты, а также продлевая срок службы самих зданий [5-6].

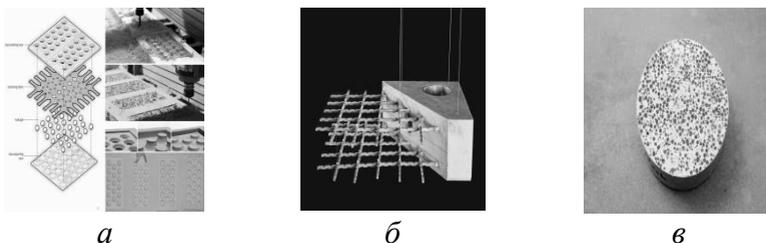


Рис. 1. Инновационные материалы:

- а) Гидрокерамика,
- б) Бамбуковый железобетон,
- в) Самовосстанавливающийся бетон

Железобетон является одним из самых распространенных строительных материалов в строительстве. Тем не менее, бамбук является альтернативным материалом, используемым для армирования. Бамбук уже много лет используется в строительстве из-за его выдающихся свойств при растяжении. Бамбук превосходит древесину и, в некоторых случаях, конструкционную сталь. Тем не менее, бамбук имеет некоторые недостатки, если его не обрабатывать. Он может разбухнуть от воды и сгнить. В современном строительстве бамбук не используется в естественном трубчатом виде. Растительные волокна экстрагируются и смешиваются с натуральными смолами, образуя универсальный материал с прочной структурной матрицей. Полая трубчатая структура обладает высокой устойчивостью к силе ветра, когда находится в естественной среде обитания. Работа над слабыми сторонами бамбука и внедрение инноваций в бамбук в качестве замены конструкционной стали было бы отличной альтернативой. Гидрокерамика – композитный фасадный материал из глины и гидрогеля. Он способен охлаждать помещения до 6 С°. Гидрокерамика— новая технология возведения стен, позволяющая стенам реагировать на температуру наружного воздуха. Эти умные стены сделаны из глиняных панелей и водяных капсул, которые поглощают воду для охлаждения здания. Гидрокерамическая стена действует как охлаждающее устройство, снижая температуру и повышая влажность. Захваченная вода может испаряться, когда наружное тепло поднимается и вытесняет холодный воздух в здание [7-9]. Эти стены могут снизить температуру в помещении до 5 градусов по Цельсию. Он также увеличивает влажность в жарком и сухом климате на 15%, делая помещение более пригодным для проживания. Глина и гидрогели недороги, что делает эти здания недорогой альтернативой. Практически ежедневно на рынке появляются инновационные строительные материалы. Инновационные материалы,

которые мы представляем, имеют большие перспективы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С.39-43.
2. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.
3. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.\
4. *Бидов, Т. Х.* Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466-471. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471.
5. *Хубаев, А. О.* Описание эксперимента при расчете потенциала производства зимнего бетонирования / *А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 2. – С. 247-252.
6. A systematic approach to technical inspection of construction projects / *S. I. Ekba, A. E. Borovkova, D. M. Nikolenko, D. Koblyuk* // E3S Web of Conferences : International Scientific Siberian Transport Forum - TransSiberia 2023, Novosibirsk, Russia, 16–19 мая 2023 года. Vol. 402. – Novosibirsk, Russia: EDP Sciences, 2023. – P. 07003.
7. *Ланидус, А. А.* Формирование потенциала организационно-технологических решений использования методов бетонирования в условиях отрицательных температур / *А. А. Ланидус, А. О. Хубаев* // Наука и бизнес: пути развития. – 2017. – № 11(77). – С. 7-11.
8. *Хубаев, А. О.* Определение методов повышения огнестойкости легких стальных тонкостенных конструкций / *А. О. Хубаев, А. С. Зиновкин, А. Р. Жолтиков* // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2023. – № 11(1071). – С. 40-43.
9. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90.

Студент 3 курса 16 группы ИПГС Соловьев Д.М.

Студент 3 курса 16 группы ИПГС Зеленцов М.А.

Научный руководитель — ведущий научный сотрудник НОЦ КТОС, канд. тех. наук А.О. Хубаев

ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ, КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

Строительной отрасль является одной из лидирующих по количеству несчастных случаев на производстве. Для обеспечения безопасности на строительной площадке необходимо заранее принимать меры по планированию и организации работы таким образом, чтобы минимизировать возможность возникновения несчастных случаев и травм. Самые частые несчастные случаи: падения с высоты — 39,2%, удары упавших предметов — 8,2%, и поражение электрическим током — 7,3% [1].

Около 73% несчастных случаев [2] вызваны нарушением организации безопасности, либо неудовлетворительным соблюдением её: несоблюдение стандартов и правил безопасности; недостаточная подготовка и обучение сотрудников; недостаточное (или неправильное) обеспечение средствами безопасности; отсутствие контроля или надзора; нарушение дисциплины. Проанализировав вышеперечисленные причины нарушения техники безопасности, их возможно устранить при помощи развития законодательства в отношении технической безопасности и всей системы охраны труда. Так на протяжении последних 15 лет идёт тенденция на понижение абсолютного числа несчастных случаев с летальным исходом [3]. При этом причины, вызывающие травмы на производстве остаются примерно одинаковым [4-6]. До начала производства строительного-монтажных работ требования и процессы обеспечения безопасности должны быть проработаны в проекте производства работ (ППР) и проекте организации строительства (ПОС). Проект производства работ – это документ, который разрабатывается ещё до начала выполнения строительных работ. Он описывает последовательность операций, используемые материалы и оборудование, необходимые меры безопасности и регламентирует выполнение работ. Проект производства работ является основой для организации процесса строительства и должен быть понятен и доступен всем работникам [7]. Согласно СП 48.13330.2019 “Организация строительства”, ППР должно содержать в себе информацию по мероприятиям, обеспечивающим охрану труда во время проведения строительных работ. Все участники строительства должны быть осведомлены о опасностях, возможных рисках и правилах безопасного

поведения на рабочем месте. В проекте указываются необходимые инструкции, обучение, использование специальной одежды и средств защиты. Также важно предусмотреть эвакуационные пути, системы пожарной безопасности и прохождение медицинских осмотров для сотрудников. Должны проводиться регулярные инспекции стройплощадки, чтобы убедиться в соблюдении правил безопасности, осмотреть оборудование и предупредить возможные опасности [8-10]. В случае несоблюдения норм безопасности, принимаются соответствующие меры, вплоть до временного или постоянного прекращения работ и привлечения виновных лиц к ответственности. ППР также может включать в себя план действий в случае чрезвычайных ситуаций [11-13]. Так как большинство строительных работ является однотипными с однотипными процессами, однотипным оборудованием, то целесообразнее всего применять типовые проекты производства работ, которые впоследствии могут быть адаптированы и применены различными организациями, с учетом их условий работ. Данные типовые ППР должны учитывать возможные опасности и разработать соответствующие меры для их предотвращения и средства защиты, в соответствии с требуемыми мерами для различных процессов. В составе ППР должны быть описаны мероприятия по осуществлению контроля за обеспечением охраны труда и обучения работников. ППР играет ключевую роль в обеспечении безопасности труда на стройплощадке и является необходимым документом для проведения работ, соблюдения норм безопасности и защиты рабочего персонала от травм и аварийных ситуаций. Кроме того, типовой проект производства работ обеспечивает более четкую организацию работ и контроль их выполнения, что позволяет уменьшить риски для работников и повысить безопасность на строительной площадке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Мартынова Т. С., Логачев Н. А., Дайнеко Д. Ю., Обрядин А. С., Вакуров А. Е.* Использование Triax Technologies для обеспечения безопасности на строительной площадке // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. №6. С. 234-238. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/43/29>
2. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 385-390.
3. *Карауш С.А., Герасимова О.О.* Причины травматизма и пути его снижения в технологиях строительного производства // Вестник ТГАСУ. – 2012. – № 4. – С. 243–248.
4. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T.*

Bidov // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.

5. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037.

6. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // Перспективы науки. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.

7. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_100.

8. *Lapidus, A.* Organizational and technological solutions justifying use of non-destructive methods of control when building monolithic constructions of civil buildings and structures / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // MATEC Web of Conferences, Moscow, 14–16 ноября 2018 года. Vol. 251. – Moscow: EDP Sciences, 2018. – P. 05014. – DOI 10.1051/matecconf/201825105014.

9. *Хубаев, А. О.* Организационно-технологический потенциал использования методов неразрушающего контроля при производстве бетонных работ в зимний период / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – № 4(82). – С. 101-104.

10. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90.

11. *Бидов, Т. Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25.

12. *Бидов, Т. Х.* Систематизация факторов, влияющих на эффективность реализации строительного проекта генподрядной организацией в направлении Fit-out / *Т. Х. Бидов, А. Д. Котельникова* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 1. – С. 270-274. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-1-270-274

13. Оценка влияния комплексного обследования технического состояния здания на примере объекта культурного наследия / *Д. Д. Ельникова, Я. В. Шестерикова, Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев* // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 6(84). – С. 14-18.

*Студентка 2 курса 18 группы ИПГС Карачаева Н.Д.
Научный руководитель – старший преподаватель каф. ЖКК, Р.С.
Петросян*

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СТРОЙГЕНПЛАНОВ В РАМКАХ ПРОГРАММЫ РЕНОВАЦИИ

В сложившейся на сегодняшний день строительной практике под реновацией понимается замена зданий и сооружений, достигших высокой степени физического и морального износа, теряющих актуальность, а также непригодных для удовлетворения человеческих потребностей в комфорте и защите от воздействия агрессивных окружающих сред, путем сноса и возведения новых зданий в условиях городской застройки, уже сложившейся до этапа реновации, но часто такой метод реновации считается нерациональным, либо запрещённым законом, например в случае с объектами культурного наследия. Так, зачастую мероприятия по реконструкции зданий могут включать надстройку дополнительных этажей, пристройку дополнительных помещений и прочие изменения объемно-планировочного решения. Важным аспектом организации строительных работ по реновации является изучение условий строительства, одним из которых является стесненность. Разработка проекта организации строительства (ПОС) в стесненных условиях городской застройки должна осуществляться таким образом, чтобы обеспечить направленность всех организационных, технических и технологических решений на достижения результата в установленные сроки и с необходимым качеством. В таком случае организация строительного производства должна проводиться при условиях снижения уровней негативного воздействия на окружающую среду [1-4].

Основной проблемой при будущем строительстве оказываются условия программы реновации: вновь возводимые здания и сооружения, в которых предполагается размещение жильцов из ликвидированных многоквартирных жилых домов, должны находиться в непосредственной близости к ликвидируемому зданию, то есть необходима планомерная организационно-технологическая подготовка и осуществление строительства с установленными зданиями. Земельные участки, выделяемые для строительства, зачастую ограничены по площади и соседствуют со зданиями и сооружениями, имеющими разветвленную транспортную сеть. Данные факторы оказывают негативное влияние на формирование организационно-технологической документации, в частности на разработку оптимальных организационно-

технологических решений, указанные в строительном генеральном плане.

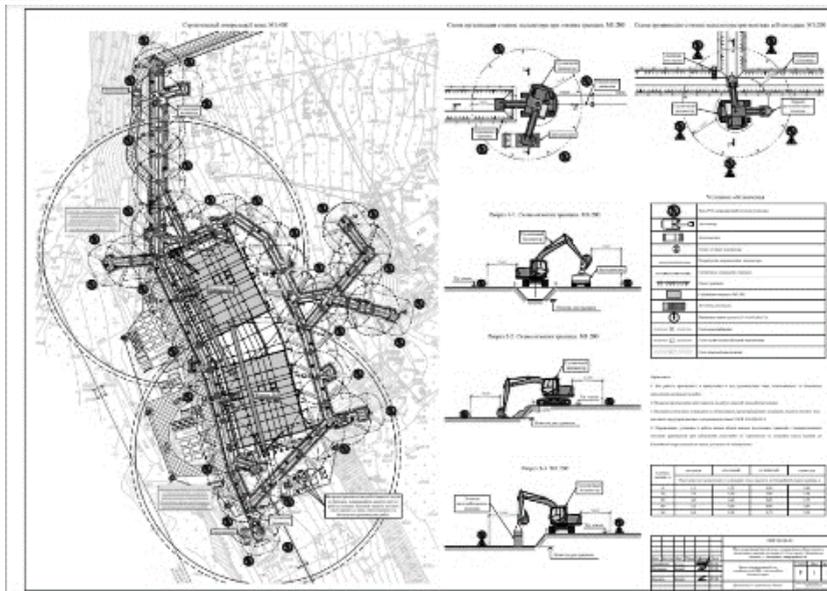


Рис. 1. Пример строительного генерального плана

Стройгенплан - оформленный в соответствии с требованиями ГОСТ Р 21.101–2020 план строительной площадки, на котором указаны строящиеся, существующие и сносимые здания и сооружения, бытовые городки строителей, складские площадки, временные и постоянные дороги и инженерные коммуникации, места расположения монтажных грузоподъемных механизмов, необходимых для выполнения комплекса строительно-монтажных работ. В случае осуществления программы реновации вносятся изменения в требования проработки стройгенплана, а именно [5-7]:

- Учет стеснённости условий застройки при выделении площадок для складирования материалов, конструкций, демонтажа и монтажа строительных машин;
- Учет ограничений перевозки материалов и въезда строительных машин, созданных большим потоком транспорта, железнодорожными переездами).

Указанные требования и вносят изменения в организационно-технологические решения осуществления строительства:

- Увеличение запасов строительных материалов, конструкций и изделий на складах;

- Проектирование целесообразных дорожных систем, не мешающих основному потоку, с минимальными затратами времени, объездами, возможностью завоза материалов в ночное время суток;
- Организация резервного фронта работ.

Таким образом, при разработке раздела ПОС в условиях реновации следует учесть увеличение финансовых, трудовых и временных затрат на проектирование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.
2. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90.
3. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033.
4. Modern Russian high-tech construction materials and their application in domestic construction industry (on example of metal-ceramic panels Hardwall) / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Bzhienikov, V. Nesterova* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol. 365, 3. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 032005. – DOI 10.1088/1757-899X/365/3/032005.
5. *Бидов, Т. Х.* Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / *Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254.
6. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С. 39-43.
7. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // Перспективы науки. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.

Студенты 2 курса 16 группы ИПГС Королева М. В. , Кувардина Ю.А.

ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Большинство зданий, возведенные много десятилетий назад, подвергаются функциональному и физическому износу и не соответствуют современным технологиям и стандартам. В связи с этим возникает необходимость проведения реконструкции.

Реконструкция здания - комплекс строительных работ и организационно-технических мероприятий, связанных с изменением основных технико-экономических показателей (количества и площади квартир, строительного объема и общей площади здания, вместимости или пропускной способности или его назначения) в целях улучшения условий проживания, качества обслуживания, увеличения объема услуг.

Все здания делятся по своему назначению на промышленные, сельскохозяйственные и гражданские, а гражданские, в свою очередь, на жилые и социальные. К зданиям социального назначения относятся медицинские учреждения, учреждения культуры, торговые предприятия, гостиницы, банки, спортивные объекты, детские сады, воспитательные и развивающие организации, туристические объекты, почтовые отделения, кредитно-финансовые организации. Особенности таких объектов являются сосредоточение в них большого количества людей, сочетание помещений с различными геометрическими параметрами, объемно-планировочными композициями [1].

Реконструкция объектов социального назначения необходима по ряду причин. С течением времени здания перестают соответствовать новым стандартам и требованиям, их конструкции физически изношены, что ведет к нарушению безопасности человека. Внедрение современных технологий позволяет снизить энергопотребление зданий, что соответственно ведет к финансовой экономии для потребителя. С ростом уровня жизни населения изменяются и потребности общества, а значит здания могут терять свои функции и перестают быть пригодными для использования.

Основной целью реконструкции объектов социального назначения является переустройство с повышением уровня комфорта и безопасности условий проживания и трудовой деятельности человека за счет улучшения планировочных решений, модернизации инженерного оборудования, повышения уровня благоустройства, отвечающих современным требованиям и стандартам [2].

Реконструкция, в отличие от капитального ремонта или нового строительства, является более сложной задачей из-за ряда характерных проблем. Высокая плотность городской застройки, обуславливающая

недостаток свободного пространства для размещения оборудования, наличие функционирующих коммуникаций и инженерных систем, отключение и перенос, которых во время проведения строительных работ недопустимы, а также сложная планировка самого здания социального назначения усложняют выполнение работ. При стесненных условиях отказываются от тяжелой строительной техники, используют легкий ручной инструмент. Объемные конструкции изготавливают за пределами площадки и подают с помощью автотранспорта непосредственно к месту работ. Факторы стеснённых условий приводят к повышению трудоёмкости и сроков реконструкции, ограничивают применение технологий, не позволяют использовать индустриальные методы производства работ [3].

Одним из важных требований, предъявляемых к реконструированному объекту социального назначения, является устойчивость конструкции и её безопасность для людей. Поэтому особенную важность представляет проведение предпроектных изысканий, обследование существующих коммуникаций, сбор информации об инженерных изысканиях прошлых лет и сопоставление её с действительностью. Этот фактор увеличивает капитальные вложения в процесс реконструкции, удлиняет подготовительный этап строительства, но при этом обеспечивает надежность конструкции.

При некоторых обстоятельствах реконструкцию общественных зданий нужно производить без прекращения работы действующих в них предприятий. Для этого необходимо тщательно продумать план проводимых мероприятий, который будет предполагать последовательное выполнение комплекса работ в разных помещениях или на разных этажах. [4].

Проведение демонтажа для одних конструкций, усиление, восстановление и замена других, выполнение работ в стесненных условиях, ограничения в выборе технологий, методов и материалов ведут к сильному увеличению трудоемкости. В связи с чем все работы по реконструкции требуют тщательной проработки проекта производства работ (ППР).

Таким образом, процесс реконструкции имеет множество проблем: работа в стеснённых условиях, высокая трудоёмкость процесса, проведение работ при одновременном действии организаций, располагающихся на объекте, и необходимость тщательного обследования реконструируемого здания. Все эти факторы значительно усложняют строительство, а именно затрудняют применение оптимальных комплексов технологий, приводят к повышению сроков реконструкции, ограничивают выбор методов и технологий, увеличивают капитальные вложения в процесс

реконструкции и предъявляют особые требования к охране труда. Чтобы получить качественный результат реконструкции необходимо обратить внимание на следующие аспекты: правильный выбор методов строительства и оборудования, основательное составление плана с учётом всех особенностей объекта и привлечение квалифицированного персонала.

Несмотря на сложности проведения реконструкции она играет важную роль в сфере строительства и жизни общества в целом. Реконструкция зданий социального назначения несет в себе функции сохранения и использования объектов прошлого для развития городов. Процесс модернизации зданий приводит к обновлению застройки, к улучшению и постепенному выравниванию условий жизни населения в старых и новых городских районах, которые должны удовлетворять современным и перспективным требованиям. Помимо этого, важным аспектом является то, что реконструкция позволяет сохранять культурное наследие, то есть, не меняя внешний облик зданий, улучшать их функционал.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033.

2. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90.

3. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.

4. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.

ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ОТДЕЛКЕ ФАСАДОВ

Строительные материалы являются важной составляющей любой стройки. Все они имеют разные свойства, предназначения, плюсы и минусы.

Самые основные характеристики для материалов отделки — долговечность, экологичность, теплопроводность и гигроскопичность. Это именно те качества, в которых преуспевают современные лаборатории, создающие инновационные материалы.

Есть несколько материалов, способных заинтересовать заказчиков, которые, впоследствии, примут совершенно неожиданные решения. Одним из таких является бетонный сайдинг [1].

Бетонный сайдинг - это материал для облицовки стен зданий, который изготавливается из цемента, песка, воды и добавок. Он имитирует текстуру и цвет натурального камня или дерева, при этом обладает высокой прочностью и долговечностью. Бетонный сайдинг может быть окрашен в любой цвет, что позволяет изменить его внешний вид [2].

У бетонного сайдинга есть свои достоинства и недостатки, основные из них мы постарались перечислить [3-6].

Плюсы:

1. Прочность и долговечность - бетонный сайдинг не гниет, не горит и не подвержен воздействию грибков и насекомых.

2. Устойчивость к погодным условиям - не выцветает под воздействием ультрафиолета, не деформируется при сильных температурных перепадах.

Минусы:

1. Высокая стоимость - бетонный сайдинг обычно дороже других материалов для облицовки стен.

2. Требуется профессиональный монтаж - установка бетонного сайдинга требует определенных навыков и инструментов.

3. Тяжелый вес - для установки бетонного сайдинга необходимо обеспечить крепление к достаточно прочной основе.

Далее, смарт-стекло. Этот волшебный эффект достигается довольно просто. Между двумя стеклянными панелями помещают жидкокристаллическую пленку и пропускают через нее электричество. При подаче энергии кристаллы меняют ход движения, выстраиваясь перпендикулярно поверхности стекла, и оно становится прозрачным. Но

стоит выключить ток, как частицы возобновляют броуновское движение, и материал мутнеет, делаясь непроницаемым для взгляда.

Несмотря на наличие токопроводящего слоя, умное стекло можно использовать в помещениях с высокой степенью влажности.

Светопрозрачный бетон. Звучит, как нечто взаимоисключающее. Но, как ни удивительно, такой продукт существует. Материал пронизывают оптоволоконные нити, способные пропускать свет и при этом выдерживающие довольно большие нагрузки.

Разработчики утверждают, что светопрозрачный бетон можно использовать в самых разных сферах; при возведении стен с подсветкой, строительстве бассейнов и создании ландшафтных композиций. Материал отличается высокой прочностью на сжатие; от 70 МПа, а его водопоглощение не превышает 1%.

Гибкая керамическая плитка

Еще одно противоречивое словосочетание; гибкая керамическая плитка. Речь идет о композитном изделии под названием Flexi Clay. Он изготавливается из традиционной глины, в которую замешивают пластификатор, придающий изделию эластичность. А для армирования служит прочное стекловолокно.

Внешне материал не отличается от обычной жесткой облицовки. Новинку можно использовать как для внутренней, так и для внешней отделки. Средний срок службы составляет 20 лет.

Самый теплый кирпич.

Специалисты швейцарского исследовательского института Емра смогли совместить в одном изделии керамику и теплоизоляцию. Так получился самый теплый кирпич в мире; Аэробрикс. Его полости заполнены так называемым аэрогелем; синтетическим веществом, похожим на легкую пену.

Благодаря этой инновации кирпич сопротивляется холоду в 8 раз лучше, чем обычный, аналогичного размера. Кроме того, он достойно выдерживает нагрев до 300С.

Стекланные фотобиореакторы.

Благодаря новым технологиям, в скором времени фасады станут более экологичными и энергосберегающими. Так в Европе находят признание «живые» фасадные панели, которые представляют собой стекланные фотобиореакторы. В них растут микроводоросли (хлорелла), а внутри фотобиореактары заполнены жидкостью, содержащей вещества, требующиеся для питания и роста водорослей.

Ученые полагают, что применение микроводорослей при устройстве фасадов поможет существенно повысить энергоэффективность зданий и даст возможность снизить потребление тепла более, чем на 50%.

На чем основан такой вывод? По логике стеклопанели, наполненные водой, должны снизить теплоизоляцию, уменьшая термическое сопротивление конструкции стен. Исследователи приводят следующие доводы: солнечный свет нагревает все содержимое фотобиореактора, что приводит к возникновению излучения в инфракрасном диапазоне. Поскольку стекло не позволяет проникнуть ИК излучению, то внутри реактора создается некое подобие парника. Но в таком микропарнике вместо воздуха присутствует вода. Именно благодаря эффекту парника изменения уличных температур внутри помещений мало заметны. Но ночью эффект микропарника исчезает. В этой связи специалисты разработали уникальные ставни, которые будут защищать здания от теплопотерь в ночное время.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бетонный сайдинг для фасада: монтаж, особенности материала + Фото и Видео // DomSdelat.ru URL: <https://domsdelat.ru/otdelka-vneshnyaya/betonnyj-sajding-dlya-fasada-montazh-osobennosti-materiala.html> (дата обращения: 01.03.2024).

2. Гибкая керамика для наружной отделки зданий // Все о строительстве и ремонте URL: <https://domzastroika.ru/fasad/gibkaya-keramika.html> (дата обращения: 01.03.2024).

3. *Николенко, Д. М.* Повышение эффективности организации работ по комплексному обследованию зданий и сооружений с применением современных технологий робототехники / *Д. М. Николенко* // Дни студенческой науки : Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры (ИСА) НИУ МГСУ, Москва, 28 февраля – 04 2022 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2022. – С. 815-817.

4. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 385-390.

5. Лapidус, А. А. Формирование производственно-технологических модулей, обосновывающих использование методов неразрушающего контроля при возведении монолитных конструкций гражданских зданий / *А. А. Лapidус, Т. Х. Бидов* // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 1(91). – С. 36-39.

6. *Хубаев, А. О.* Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / *А. О. Хубаев, Р. А. Байчоров, А. А. Урусов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314

Студенты 3 курса 16 группы ИПГС Лафанов А.А., Летунов В.В
Научный руководитель – ведущий научный сотрудник НОЦ КТОС, канд.
тех. наук А.О. Хубаев

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Строительство - одна из отраслей деятельности человека, формирующая его материально-пространственную среду жизнедеятельности. Является совокупностью материальных и информационных процессов, конечным итогом которых является строительная продукция. Все строительство начинается с информационных процессов - сбор информации, который, в свою очередь, являются основой для материальных процессов. Строительство является сложной системой, в которую входит большой круг участников и строительных процессов. На всех ее этапах необходимо анализировать обширный поток информации, требующий автоматизации. Именно для этого и ввели понятие организационно-технологического проектирования. Организационно-технологическое проектирование - процесс разработки оптимальной организационной структуры и технологических процессов для выполнения конкретного производственного или строительного проекта. В состав ОТП входят: Планирование последовательности и методов выполнения работ; Материально-технические и трудовые ресурсы, их количество; Время, необходимое на выполнение каждого процесса и проекта в целом; Мероприятия по обеспечению безопасности и контролю качества [1-3].

ОТП основывается на ряде принципов: ОТП учитывает взаимосвязь между отдельными элементами процесса; ОТП позволяет расходовать материально-технические, трудовые, финансовые, временные ресурсы по максимуму. К преимуществам ОТП можно отнести: Эффективное использование материально-технических, трудовых, финансовых, временных ресурсов, что влечет за собой увеличение производительности и экономию этих же самых ресурсов; Контроль за качеством работ более эффективен, в связи с чем результат выполнения работ будет отвечать требованиям заказчика и стандартам качества. К недостаткам ОТП можно отнести: Сложность разработки оптимальных рабочих процессов, из-за чего временные и финансовые затраты увеличиваются; для разработки ОТП необходимо наличие высококвалифицированных специалистов, что также снизит риски ошибок в проектировании. Для увеличения КПД ОТП применяют некоторые программные средства. Например: Программы для автоматизированного проектирования; Программы для ERP, позволяющие учитывать материально-техническую базу, оптимизировать документооборот, работу с клиентами, проводить

анализ; Использование искусственного интеллекта [4]. В России проводятся различные работы и мероприятия для развития автоматизации организационно-технологического проектирования (ОТП). Таким образом, 21 июля 2020 года президентом Российской Федерации был подписан указ “О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года”. В рамках данной национальной программы были предусмотрены бюджетные ассигнования в размере 216,2 млрд рублей, которые были направлены на поддержание организаций. Это, безусловно, оказало положительное влияние на развитие ОТП в нашей стране. Первые отечественные САПР работали на машинах ЕС ЭВМ (Единая система электронных вычислительных машин) и СМ ЭВМ (Система малых электронных вычислительных машин). Эпоха становления отечественного САПР произошла в конце 80-х - начале 90-х. Именно в это время появились первые САПР программы в нашей стране, такие как: ChertуCAD, которая была создана в городе Москва, программа Катран, созданная в Ижевске. Эти две программы стали первоначалом для компании Omega Adem Technologies LTD. ADEM (англ. Automated Design Engineering Manufacturing) - российская интегрированная CAD/CAM/CAPP/PDM система, предназначенная для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства. ADEM была создана, как единый продукт, включающий в себя инструментарий для проектантов и конструкторов (CAD), технологов (CAPP) и программистов ЧПУ (CAM).

В 1989 была создана система автоматизированного проектирования “Компас” компанией “Аскон” (Автоматизированная система конструирования). Компания была основана в 1989 году. На 2022 год выручка компании составила около 3,8 млрд. руб. В 1992 компания “Топ Системы” разработала программу TopCAD, которая в дальнейшем была переименована на T-Flex CAD. Помимо вышеперечисленных программ, среди отечественных продуктов были созданы такие как 1) Sprut (CAD/CAM/CAE), 2) APM WinMachine (CAD/CAE), 3) PartY Plus (PDM), 4) КРЕДО (CAD/CAM/CAE), 5) Интермех (CAD/CAM/PDM), 6) NormCAD (расчеты и подготовка документации), 7) ГеММа-3D (CAD/CAM) [5-9].

Немаловажную роль в ОТП играет информационное моделирование зданий (от англ. Building Information Modeling), BIM - процесс, в результате которого формируется информационная модель здания и сооружения, BIM охватывает множество характеристик объекта, которые формируют информационную модель.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-

destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037. – DOI 10.1051/e3sconf/20199706037.

2. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.

3. *Бидов, Т. Х.* Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466-471. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471.

4. Modern Russian high-tech construction materials and their application in domestic construction industry (on example of metal-ceramic panels Hardwall) / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Bzhienikov, V. Nesterova* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol. 365, 3. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 032005. – DOI 10.1088/1757-899X/365/3/032005.

5. *Бидов, Т. Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25. – DOI 10.15593/2224-9826/2021.2.02

6. *Бидов, Т. Х.* Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / *Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254.

7. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С. 39-43.

8. Исследование градуировочных зависимостей, используемых при контроле прочности бетона неразрушающими методами / *А. А. Гончаров, Т. Х. Бидов, Г. Е. Трескина, Ю. Л. Беккер* // Научное обозрение. – 2015. – № 12. – С. 68-72.

9. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // Перспективы науки. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.

Студент 4 курса 2 группы ИПГС Марченко Н. В.

Научный руководитель – ведущий научный сотрудник НОЦ КТОС, канд. тех. наук А.О. Хубаев

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ, ВНОСИМЫХ В ПРОЕКТНУЮ ДОКУМЕНТАЦИЮ ПОСЛЕ НАЧАЛА РАБОТ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ, НА ОРГАНИЗАЦИЮ СНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТА

В строительной отрасли постоянные изменения и модификации проектов являются неотъемлемой частью производственного процесса [1]. Корректировки, вносимые в проектную документацию после начала работ на строительной площадке, могут существенно затруднить организацию снабжения объекта необходимыми ресурсами. Это связано с тем, что поправки в проекте в большинстве случаев повлекут за собой изменение объемов и номенклатур требуемых материалов, изделий и оборудования [2]. Цель настоящей статьи заключается в исследовании воздействия изменений, вносимых в проектную документацию после начала работ по возведению строительного объекта, на организацию снабжения. Анализ влияния этих изменений на поставки материалов, оборудования и иных ресурсов, позволит выделить оптимальные методы и стратегии управления снабжением, которые помогут выстроить систему материально-технического обеспечения строительства, способную в короткие сроки адаптироваться к постоянно изменяющимся исходным данным без увеличения сроков строительства и без ущерба для качества готовой строительной продукции. В ходе исследования предпринимается попытка выявить факторы, сдерживающие или способствующие успешной адаптации системы снабжения к переменам в проектной документации. Рассматриваются практические методы оптимизации процессов поставок и управления рисками, связанными с изменениями в проекте.

Организация снабжения строительного объекта в условиях постоянных изменений в проектной документации требует прогнозирования, адаптации и гибкости со стороны управляющих и логистических служб. Важно понимать, как изменения в проекте влияют на поставщиков, сроки поставок, бюджет и качество выполнения работ.

Выявлено, что корректировка проекта оказывает влияние на следующие аспекты снабжения [3-8].

Таблица 1

Аспект снабжения	Влияние
Логистическая цепочка	Возможны изменения маршрутов доставки и применяемых видов транспорта, что потребует пересмотра логистических сетей

Бюджет и финансирование	Изменения в проектной документации могут потребовать пересмотра статей бюджета проекта, таких как стоимость материалов, затраты на рабочую силу, и эксплуатацию машин и механизмов. Новые требования также могут повлечь за собой дополнительные расходы, которые не были предусмотрены в первоначальном бюджете
Управление запасами	Увеличение или уменьшение объема требуемых материалов потребует пересмотра количества запасов, а также их распределения между строительными объектами
Складирование	Изменения в проектной документации могут повлиять на объемы, сроки и условия хранения строительных материалов. В любом из перечисленных случаев будет необходимо провести реорганизацию системы складирования на объекте
Сроки поставок	Изменения в проекте могут повлиять на график строительства, что требует пересмотра временных рамок поставок
Качество материалов	Новые требования к материалам могут потребовать поиска новых поставщиков или материалов высшего качества

Система снабжения строительного объекта при изменяющемся проекте должна обладать гибкостью, способностью быстро адаптироваться к новым требованиям. Эффективное управление запасами, точный контроль за уровнем запасов, и оперативная оптимизация логистики играют ключевую роль. Важно обеспечивать быстрое заключение договоров и эффективное взаимодействие с поставщиками для сохранения бесперебойное поступление материалов с учетом корректировки проекта. Комплексность и оперативность реагирования на изменения являются основными требованиями для организации системы снабжения, способной эффективно адаптироваться к изменениям в проектной документации. Таким образом, изменения в проекте, внесенные после начала строительных работ, оказывают комплексное влияние на организацию снабжения строительного объекта. Эти изменения могут повлиять на несколько ключевых аспектов снабжения: от графика поставок материалов до логистических схем и выбора поставщиков. Результаты проделанной работы могут поспособствовать разработке новых и усовершенствованию существующих систем управления строительством и создадут основу

для разработки эффективных стратегий снабжения в условиях постоянных изменений строительных проектов. В дальнейших исследованиях планируется выявить иные факторы, влияющие на организацию снабжения строительного объекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Долгов, А. П.* Логистика снабжения и запасов в строительстве: стратегии, методы, модели / *А. П. Долгов, Е. И. Рыбнов.* – Москва, Санкт-Петербург: Издательство АСВ, 2003. – 232 с. – ISBN 5-9227-0015-4. – EDN QQCRNP.

2. *Хубаев, А. О.* Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / *А. О. Хубаев, Р. А. Байчоров, А. А. Урусов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314

3. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033.

4. *Бидов, Т. Х.* Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / *Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254.

5. *Бидов, Т. Х.* Разработка организационно-технологической модели потенциала устройства временного крепления стенок выемок при производстве работ нулевого цикла / *Т. Х. Бидов, Р. Т. Аветисян* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 427-431.

6. *Ланидус, А. А.* повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / *А. А. Ланидус, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26

7. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С. 39-43.

8. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 385-390.

ОБЗОР ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗВЕДЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Что же такое инновационные технологии? Это нововведения в области техники, технологии, организации труда или управления, основанное на использовании достижений науки и передового опыта, обеспечивающее качественное повышение эффективности производственной системы и качества продукции [1].

Строительные инновации, включая технологии и материалы, применяемые в строительстве, должны соответствовать нескольким ключевым критериям: ускорение и упрощение процесса строительства, снижение стоимости строительства, уменьшение энергопотребления объекта, а также увеличение жизненного цикла здания или сооружения [2].

Среди инновационных технологий можно выделить следующие: новый тип полносборного крупнопанельного домостроения, основанный на принципе конструктора LEGO, где типовые конструкции комбинируются для создания разнообразных сооружений; использование 3D-печати для создания элементов здания из бетона, пластика, металла путем специальной печати слоев материалом; сочетание заводских сборных конструкций с монолитным строительством, использующим стеновые панели и другие заводские заготовки в монолитном каркасе; несъемная опалубка из полистирола или древесины для заливки бетона; технология легких стальных конструкций с готовыми элементами стен, перегородок, кровли и другими.

Примером успешной реализации 3D-печати зданий можно назвать жилой дом с использованием бетона от компании S-Squared площадью около 177 квадратных метров, который был построен при помощи 3D-принтера SQ4D. Полностью готовый проект занял 8 дней, из которых на саму печать ушло всего 48 часов. Несмотря на использование огнеупорного бетона, производителю удалось уложиться всего в 6000 долларов. Этот опыт показал потенциал этой технологии для строительства многоэтажных зданий.

Преимущества этих технологий включают в себя быстроту строительства, высокое качество конечного продукта, снижение веса, хорошую энергоэффективность, высокую прочность и устойчивость к сейсмическим воздействиям.

Инновации в строительстве, несмотря на свои преимущества, могут сталкиваться с определенными ограничениями, такими как высокие начальные затраты, технические проблемы, отставание нормативно-технической базы и отсутствие на рынке труда нужных специалистов.

Многие эксперты могут возразить, утверждая, что многие технологии довольно хорошо известны и уже широко применяются в России. Однако, согласно текущему строительному законодательству, эти технологии до сих пор не получили значительного распространения [3].

Применение инновационных технологий не обходится без использования инновационных материалов. Характеристика некоторых из них приведена в табл. 1 [4-8].

Примером успешного применения композитных материалов является башня "Хашаль" в Дубае, строительство которой велось с использованием углеродных волокон.

Таблица 1

Инновационные строительные материалы

Материалы	Описание	Достоинства
Эковата	Целлюлозный утеплитель, на 80% состоящий из макулатуры с включением лигнина	Биостойкий, экологичный, тепло- и звукоизоляционный материал
Стекломагнетитовый лист	Плиты на основе оксида магния, хлорида магния, перлита и стекловолокна	Гибкий, прочный, огнеупорный и влагостойкий отделочный материал
Углепластик	Полимерный композитный материал из переплетенных нитей углеродного волокна, расположенных в матрице из полимерных смол	Высокая прочность, жесткость, малая масса, легче и прочнее стали
Микроцемент	На основе мелкоструктурного цемента с добавлением полимеров и различных по составу и свойствам моделей	Используется как защитный и декоративный материал, прочный и надежный

В заключение, следует отметить, что инновационные технологии в строительстве играют важную роль в преобразовании отрасли, делая ее более эффективной, устойчивой и современной. Новаторские идеи и современные технологии приносят значительные выгоды, такие как улучшение производительности, снижение затрат, увеличение устойчивости и экологической эффективности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Страхова А. С., Унежева В. А.* Инновационные технологии в строительстве как ресурс экономического развития и фактор модернизации экономики строительства // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2016. № 6. С. 263-272.

2. *Абакумов Р.Г., Подоскина Е.Ю.* Методы оценки эффективности инновационных проектов // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. № 1 (11). С. 9–13.

3. Modern Russian high-tech construction materials and their application in domestic construction industry (on example of metal-ceramic panels Hardwall) / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Bzhienikov, V. Nesterova* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol. 365, 3. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 032005.

4. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.

5. *Бидов, Т. Х.* Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466-471. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471.

6. *Ланидус, А. А.* повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / *А. А. Ланидус, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26

7. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // Перспективы науки. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.

8. *Бидов, Т. Х.* Разработка организационно-технологической модели потенциала устройства временного крепления стенок выемок при производстве работ нулевого цикла / *Т. Х. Бидов, Р. Т. Аветисян* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 427-431.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ОПАЛУБОЧНЫХ СИСТЕМ В СРАВНЕНИИ С ЗАРУБЕЖНЫМИ

Применение опалубочных систем играет важную роль в процессе строительства. Опалубочные системы влияют на качество бетонирования, сроки возведения здания и технико-экономические показатели проекта. За последние годы в строительстве активно развивались отечественные компании по производству опалубок, предлагая инновационные решения, которые уверенно конкурируют с производителями зарубежных опалубочных систем. Данная статья направлена на анализ эффективности применения отечественных опалубок по сравнению с зарубежными, оценку преимуществ и недостатков в различных условиях строительства, выявление оптимальных решений для повышения эффективности. Факторы, влияющие на выбор опалубочных систем:

1. Тип и размер строительного объекта.

2. Требования к нагрузке. Опалубка должна выдерживать требуемую нагрузку, которая включает в себя: устойчивость к вертикальным и горизонтальным нагрузкам, эффективность системы крепления. Для более конкретных требований, нужно обращаться к ГОСТ 34329-20017 «Опалубка. Общие технические условия» и к СП 371.1325800.2017 «Опалубка. Правила проектирования».

3. Возможность повторного использования. Повторное использование опалубки значительно экономит затраты на материалы и ускоряет процесс возведения здания.

Так же немаловажно обратить внимание на следующие пункты: соотношение цены и качества опалубочных систем; универсальность системы; область применения [1-2].

Сравнительный анализ эффективности применения отечественных и зарубежных опалубочных систем будет проводиться на примере крупнощитовой опалубки российского производителя «МСК» и немецкого производителя «PERI» [3-6]. Критерии оценивания:

1. Инновационность. Компании «МСК» и «PERI» систематически внедряют новейшие технологии, повышающие эффективность строительного процесса. Производители могут предложить многофункциональные варианты опалубочных систем под конкретные требования проекта и условия.

2. Стоимость. Аренда 1 м.кв. универсальной модульной опалубки «МСК» составляет 650 руб./месяц, тогда как аренда 1 м.кв. опалубки компании «PERI» - 550 руб./месяц.

3. Ассортимент продукции. Опалубочные системы «МСК» и «PERI» представлены большим разнообразием типоразмеров и аксессуаров для повышения удобства использования: например, ручки для монтажа от «МСК» и выпрямляющие замки от «PERI».

4. Логистика. На сегодняшний день на территории России обе компании имеют офисно-складские комплексы, обеспечивающие опалубочной системой все районы страны. Штаб-квартира компании «МСК» находится в городе Москве, а «PERI» - в Московской области, Ногинском районе.

5. Приспособленность к местным климатическим условиям. Многие опалубки «PERI» усовершенствованы для российского рынка, что позволяет использовать их в различных климатических условиях наравне с отечественными опалубками [7].

6. Локальная поддержка и сервис. Компании предоставляют широкий спектр услуг: «МСК» проводят консультации по выбору, доставке и монтажу опалубочных систем, проводят своевременный ремонт, оказывают услуги по аудиту [8]. «PERI» также предоставляют услуги по инженерному сопровождению и аудиту, организуют доставку опалубки и строительных лесов со складов [9].

7. Стандарты качества и сертификация. Важным условием вхождения на рынок является соответствие продукции нормам, которые гарантируют качество и добросовестность производителя [10]. Опалубочные системы «PERI» соответствуют международным стандартам качества и сертификации, а также имеют сертификаты соответствия российских органов по сертификации. Опалубочные системы «МСК» также соответствуют российским стандартам [11].

Таким образом, эффективность применения отечественных опалубочных систем в сравнении с зарубежными зависит от множества факторов. В каждом конкретном случае необходимо проводить анализ и выбирать оптимальную опалубку в соответствии с требованиями проекта и возможностями строительной компании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037.

2. *Бидов, Т. Х.* Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / *Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И.*

Магомедов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 120-126.

3. PERI Россия – производство опалубки и строительных лесов: [сайт]. - URL: <https://www.peri.ru/> (дата обращения: 12.02.2024).

4. Опалубка и строительные леса «МСК»: [сайт]. - URL: <http://www.opalubkamsk.ru/> (дата обращения: 09.02.2024).

5. Исследование градуировочных зависимостей, используемых при контроле прочности бетона неразрушающими методами / *А. А. Гончаров, Т. Х. Бидов, Г. Е. Трескина, Ю. Л. Беккер* // Научное обозрение. – 2015. – № 12. – С. 68-72.

6. Modern Russian high-tech construction materials and their application in domestic construction industry (on example of metal-ceramic panels Hardwall) / *А. Khubaev, Т. Bidov, А. Bzhienikov, V. Nesterova* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol. 365, 3. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 032005.

7. *Бидов, Т. Х.* Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / *Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254.

8. *Бидов, Т. Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25.

9. *Kuzmina, Т. К.* Forming the complex quality indicator of social objects / *Т. К. Kuzmina, Ya. V. Shesterikova, D. M. Nikolenko* // E3S Web of Conferences : International Scientific and Practical Conference “Environmental Risks and Safety in Mechanical Engineering” (ERSME-2023), Rostov-on-Don, Russia, 01–03 марта 2023 года. Vol. 376. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2023. – P. 05056.

10. Разработка методики совершенствования научно-технического сопровождения на основе нейронного моделирования / *Т. Х. Бидов, М. Х. Кангезова, А. С. Петрова, А. П. Гришина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 4. – С. 56-60. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-4-56-60.

11. Организационно-технологическое моделирование комплексной оценки потенциала проведения внеплановых ремонтных работ / *А. А. Ланидус, Д. В. Тончий, Р. С. Фатуллаев [и др.]*. – Москва : Издательство АСВ, 2023. – 89 с. – ISBN 978-5-4323-0472-8.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОТОЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Проектирование жилого комплекса – многоэтапный процесс, требующий комплексного подхода и согласованности действий различных специалистов. Начинается все с архитектурного проектирования, в ходе которого создается концепция будущего жилого комплекса, определяется его внешний вид, этажность, количество и планировка квартир. Следующий этап – проектирование инженерных систем: водоснабжения, канализации, отопления, вентиляции и электроснабжения. После завершения инженерного проектирования приступают к рабочему проектированию, в рамках которого разрабатывается детальная документация для строительства жилого комплекса. На основании рабочей документации выполняется строительство жилого комплекса. Учитывая все эти факторы, можно создать жилой комплекс, который будет не только функциональным и удобным, но и гармонично впишется в окружающую среду и будет соответствовать требованиям современного образа жизни [1].

Различаются три основных метода организации производства простых и комплексных строительных работ и процессов: последовательный, параллельный, поточный [2].

Специализация и организационные факторы, такие как внедрение поточного метода, оказывают значительное влияние на увеличение производительности труда в строительстве. Поточный метод обеспечивает ритмичный выпуск готовой продукции, непрерывную и равномерную работу трудовых коллективов, что способствует стабильности производственного процесса и созданию благоприятного социально-психологического климата. Однако организации сталкиваются с противоречием между узкой специализацией трудовых ресурсов и постоянными изменениями объемов работ: одни виды работ могут увеличиваться, а другие – сокращаться. Кроме того, для эффективного и успешного применения поточного метода организации строительства, необходима полная укомплектованность строительной площадки необходимыми материалами, оборудованием, техникой и рабочей силой. При этом необходимо учитывать многочисленные технологические и нормативные требования, включая организацию безопасных условий труда, использование передовых технологий и методов управления строительством. Для обеспечения постоянного улучшения характеристик, качества и безопасности строительных

процессов, организации осуществляют мониторинг и контроль, проводят анализ результатов и корректируют производственные процессы [3-6].

В целом поточная организация жилых зданий и сооружений направлена на обеспечение удобства, безопасности и комфорта зданий, а также на поддержание их технического состояния и сохранность на протяжении всего срока эксплуатации.

Формирование возведения строительного объекта поточным методом происходит при следующих условиях:

- наличие одного или нескольких циклов возведения строительного объекта;
- наличие структурных организационных единиц (захваток, участков, ярусов), которые обеспечивают одинаковую продолжительность выполнения всех простых строительных работ, составляющих рассматриваемый комплексный процесс;
- наличие специализированных бригад, которые обеспечивают непрерывность и одинаковую ритмичность производства работ.

В потоках с параллельно-последовательной схемой организации работ каждая последующая работа может начинаться до завершения предыдущей работы, обычно это относится к частным потокам. На практике могут встречаться потоки, организованные по смешанной схеме. С точки зрения членения производственного процесса и разделения труда между рабочими, участвующими в потоке, различают выполнение работ: поточно-операционное; поточно-расчлененное; поточно-комплексное.

- Поточно-операционный способ применяют в отдельных звеньях, а именно: производственный процесс между рабочими разделен по операциям, например, кирпичная кладка выполняется звеном “тройка”, где каждому из трех рабочих поручается выполнять определенную операцию (подача раствора, расстивание раствора, укладка кирпича в дело).

- Поточно-расчлененным называется способ, при котором отдельные звенья бригады выполняют простые процессы на определенном участке или делянке, например, при устройстве рулонной кровли, где звенья ведут работы по устройству цементной стяжки и наклейке рулонного ковра.

- Поточно-комплексный способ применяется при выполнении сложных процессов комплексными бригадами, где часто трудоемкость отдельных простых процессов различная, а члены бригады владеют несколькими смежными профессиями. Например, при возведении зданий или его элементов из монолитного железобетона.

Так же присутствуют недостатки у данного метода:

- невозможность изменения объема работ на каком-либо из постов

- неэффективность применения на малых АТП (автотранспортных предприятиях).

Необходимо отметить, что строительство поточным методом может иметь разные темпы: от медленного до ускоренного. Темп работ зависит от числа рабочей силы занятой на строительной площадке, от ритмичности производимых работ, количества и мощностей используемой техники. Выбирая тот или иной темп необходимо сопоставить сроки выполнения работ с трудовыми и материально-техническими ресурсами. Таким образом, поточный метод является некоторой комбинацией последовательного и параллельного методов строительства. Точнее сказать поточный метод позволяет устранить недостатки и усилить преимущества рассмотренных методов. Вместе с тем организация строительства поточным методом является значительно более сложным процессом, по сравнению с последовательным и параллельным методами возведения жилого комплекса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071.

2. *Бидов, Т. Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25.

3. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033.

4. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение.–2017.– № 15.–С.39-43.

5. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.

6. *Хубаев, А. О.* Описание эксперимента при расчете потенциала производства зимнего бетонирования / *А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 2. – С. 247-252.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Экологически устойчивое строительство (ЭУС) – целостный подход, который направлен на минимизацию негативного воздействия на окружающую среду и содействие долгосрочной социальной и экономической устойчивости. Сущность устойчивого строительства заключается в поиске гармонии между удовлетворением текущих потребностей и сохранением возможности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. Во всем мире на здания приходится около 40% выбросов CO₂, связанных с энергией и технологическими процессами, 50% всех добываемых материалов, 33% потребления воды и 35% образующихся отходов. Другие воздействия на окружающую среду включают истощение ресурсов; загрязнение воздуха, воды и земель и утрату биоразнообразия. Организационно-технологические решения при экологически устойчивом строительстве имеют свои особенности, которые отличают их от традиционных методов строительства [1-5]. Принципы, которыми руководствуются в устойчивом строительстве:

1. Энергоэффективность. Проектирование и строительство зданий должно быть направлено на снижение энергопотребления и расширение использования возобновляемых источников энергии. Одна из стратегий для повышения энергоэффективности - применение нетрадиционных источников тепла, таких как солнечные коллекторы, геотермальные системы, газотурбинные установки, ветрогенераторы [6].

Документация, в свою очередь, должна содержать планы по использованию возобновляемых источников энергии для снижения зависимости от традиционных источников энергии.

2. Экологически чистые материалы. Материалы с низким уровнем экологической нагрузки, выбираются из-за своей способности минимизировать негативное воздействие на окружающую среду и здоровье людей. Для реализации данного принципа используют следующие стратегии: использование материалов местного производства, переработанных, возобновляемых или долговечных материалов [7].

В проекте должна быть указана информация о том, какие материалы будут использованы, их характеристики и способы утилизации после завершения строительства.

3. Водосбережение. Устойчивое строительство должно сводить к минимуму водопотребление и защищать местные водные ресурсы. Для экономии воды в здании можно применять следующие методы: сбор дождевой воды, повторное использование отработанной воды, ксерискейпинг

Вся необходимая информация о системах водоочистки и водосбережения, а также о способах сбора дождевой воды и её повторного использования указывается в соответствующем разделе проектной документации [8].

4. Качество воздуха в помещениях. Использование экологически чистых материалов и технологий может помочь улучшить качество воздуха в помещениях и снизить риск загрязнения внутри помещений за счет устойчивого строительства.

Проект должен содержать планы по установке энергоэффективных систем отопления, освещения, вентиляции и кондиционирования воздуха.

5. Влияние строительной площадки. Устойчивое строительство должно быть направлено на сохранение естественной среды обитания и минимизацию эрозии почвы для защиты местных экосистем.

Для минимизации воздействия на объект можно использовать несколько стратегий:

- Борьба с эрозией: Осуществление мер по борьбе с эрозией, таких как установка ограждений от наносов или стабилизация склонов, может помочь предотвратить эрозию почвы и защитить местные водные ресурсы.

- Сохранение среды обитания: Защита и сохранение естественной среды обитания на участке может помочь поддержать биоразнообразие и уменьшить воздействие на местные экосистемы.

- Устойчивое озеленение: Использование методов устойчивого озеленения, таких как использование местных растений или внедрение систем сбора дождевой воды, может помочь свести к минимуму воздействие на участок.

Кроме того, при разработке организационно-технологической документации планируются мероприятия, направленные на снижения временного антропогенного воздействия строительства на окружающую среду: акустического воздействия; загрязнения атмосферы при работе строительных машин; нарушения почвенного и растительного слоя; запыления атмосферы продуктами строительства; комплексного воздействия на флору и фауну; негативного воздействия строительно-хозяйственных построек, складов, коммуникаций; загрязнение строительно-хозяйственными отходами земли, поверхности вод; замутнения, загрязнения вод, сброс нефтепродуктов.

Таким образом, экологичное строительство направлено на смягчение негативного воздействия строительства на окружающую среду. Его основные принципы охватывают стратегическое планирование, строительство и эксплуатацию зданий для повышения эффективности использования ресурсов, сокращения энергопотребления и образования отходов. Устойчивое строительство выходит за рамки концепции «зеленого» строительства за счёт применения более всеобъемлющего и целостного подхода. Этот подход включает в себя не только минимизацию воздействия на окружающую среду, но и интеграцию социальных и экономических соображений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Теличенко В.И., Бенуж А.А., Сухина Е.А.* Межгосударственные «зеленые» стандарты для формирования экологически безопасной среды жизнедеятельности // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. Вып. 4. С. 438-462
2. *Теличенко В. И., Щербина Е. В.* Социально-природно-техногенная система устойчивой среды жизнедеятельности // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 6. С. 5-12.
3. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033.
4. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.
5. *Бидов, Т. Х.* Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / *Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254.
6. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С. 39-43.
7. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90.
8. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // Перспективы науки. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ В ЯПОНИИ

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что строительство зданий и сооружений производится в самых различных природно – климатических условиях. Так, в Японии, из-за особенностей региона с давних времен устраивают сейсмостойкие фундаменты, в связи с тем, что страна расположена в зоне, подверженной к землетрясениям. Сейсмические колебания – это колебания земной поверхности, которые могут вызвать действие дополнительных усилий сжатия и растяжения. Для фундаментов определяющими являются горизонтальные колебания. Фундаменты в Японии при сейсмических воздействиях проектируют в основном двумя способами: сейсмостойкие и сейсмоизолирующие. Сейсмостойкие фундаменты проектируют с учётом восприятия дополнительных усилий [1-4]. Их рассчитывают с учётом восприятия дополнительных горизонтальных нагрузок, но этот метод не позволяет возводить достаточно высотные здания, поэтому в настоящее время применяют второй метод. Сейсмоизолирующие фундаменты проектируют для снижения интенсивности сейсмических воздействий на здание. Они изолируют здание от дополнительных горизонтальных перемещений грунта. Сейсмоизоляция — это метод защиты здания от сильных путем установки изолирующих устройств под зданием. Метод сейсмоизоляции изучается и применяется в зданиях с 1980-х годов. Он стал возможен благодаря разработке многослойных резиновых подшипников. Резиновая опора состоит из нескольких слоев тонких резиновых листов и армирующих стальных пластин и имеет очень низкую горизонтальную жесткость. Методы сейсмоизоляции можно разделить на два типа в зависимости от расположения изоляторов. Один называется «Базовая изоляция», когда изоляторы устанавливаются в основании конструкции. Другой называется «Изоляция среднего этажа», когда изоляторы устанавливаются на более высоком уровне в надстройке [5-7].

Фундаменты для малоэтажных японских зданий чаще всего проектируют как монолитную бетонную плиту. Плита проектируется с очень высокими боковыми бортами, или ребрами, которые можно назвать цоколем. Цоколь при этом является монолитной конструкцией с плитой. Это делается для того, чтобы уровень пола располагался как можно выше. Обоснованно это тем, что в Японии из-за землетрясений часто поднимается уровень грунтовых вод, затапливающий низко

расположенный первый этаж. Пространство в подполах используют для размещения всех необходимых инженерных коммуникаций. Также в Японии сравнительно недавно начали возводить «летающие» дома. Этот метод проектирования домов заключается в том, что в момент землетрясения сооружение поднимается и «парит» над землей. Конструкцию устанавливают на особую воздушную подушку, со встроенными в неё датчиками и фундамент проектируется сейсмостойким и без жёстких связей с сооружением. После срабатывания данных датчиков здание зависает в воздухе. Главной особенностью является то, что здания оказываются практически полностью изолированными от основания, тем самым минимизируются сейсмические воздействия на сооружение, также люди, которые находятся в помещении, не чувствуют никаких изменений, а вещи остаются на своих местах. Далее, после включения датчиков запускается компрессор, который встроен в основание жилища, и является причиной левитации здания. Благодаря тому, что конструкция поднимается на 3-4 сантиметра, обеспечивается должная безопасность сооружений [8-10].

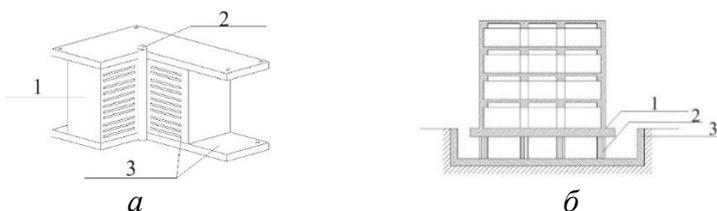


Рис. 1. Конструкция фундаментов:

- а) Резинометаллическая опора, 1) резиновая опорная часть, 2) свинцовый сердечник, 3) металлические пластины
- б) Сейсмоизолирующий фундамент в разрезе здания, 1) надземная часть здания, 2) гибкие опорные элементы, 3) подземная часть здания

На данный момент в Японии возведено около 100 домов по данной технологии. Левитирующие дома показали высокую эффективность в сравнении с традиционными методами сейсмозащиты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033. – DOI 10.1088/1757-899X/869/7/072033.

2. «Летающие» дома: [сайт]. – <https://сгх.рф/articles/dajdzhest-stroitelnyh-novostej/letayushhie-doma/> (дата обращения 08.02.2024).
3. Особенности японского домостроения: [сайт]. – https://kamprok.ru/news/osobennosti-yaponskogo-domostroeniya_2 (дата обращения 08.02.2024).
4. *Хубаев, А. О.* Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / *А. О. Хубаев, Р. А. Байчоров, А. А. Урусов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314
5. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071. – DOI 10.1051/mateconf/201819604071.
6. *Бидов, Т. Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25. – DOI 10.15593/2224-9826/2021.2.02.
7. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.
8. *Бидов, Т. Х.* Научно-техническое обеспечение строительства и проектирования уникальных зданий и сооружений на примере строительства большепролетных стадионов / *Т. Х. Бидов, А. П. Гришина, А. С. Петрова* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 3. – С. 305-309. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-3-305-310.
9. *Бидов, Т. Х.* Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / *Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254.
10. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_86.

Студент 2 курса 18 группы ИПГС Попов С.Е.

Студент 2 курса 2 группы ИПГС Боев С.Р.

Научный руководитель – преподаватель каф. ЖКК, В.Д. Антониади

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ПРИ УСТРОЙСТВЕ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Современная архитектура все более ориентирована на создание зданий с прозрачными и светопрозрачными конструкциями, которые не только обеспечивают зданию эстетическую привлекательность, но и являются важным фактором для оптимизации использования естественного света внутри помещений. Эти конструкции требуют особого внимания при формировании технологических карт, которые являются ключевым компонентом успешного выполнения проекта и обеспечивают высокое качество создаваемых конструкций. В соответствии с ГОСТ 2.601-95, технологическая карта представляет собой графическое и текстовое описание последовательности операций по изготовлению изделия или детали, а также детальное указание используемого оборудования, инструментов и инструментальных приспособлений [1-3].

Необходимость начинать процесс с тщательного анализа требований заказчика и нормативных документов, касающихся энергоэффективности, безопасности и дизайна конструкций, подчеркивается в контексте современных требований к строительству. Ключевую роль в формировании технологических карт играет выбор подходящих материалов, так как для светопрозрачных конструкций доступны различные виды стекла, пластика и композитных материалов, каждый из которых обладает своими уникальными особенностями и требованиями к технологической обработке [4-8].

Определение конструктивных решений и проведение детального проектирования конструкций следует за выбором материалов. При этом необходимо учитывать физические свойства материалов, применяемые нагрузки и другие факторы, которые могут повлиять на процесс создания конструкций. Факторы, воздействующие на составление технологических карт, включают климатические особенности, различия в типах помещений и их микроклимате [9-10].

Климатические условия, такие как ветровые и дождевые нагрузки, оказывают влияние на узлы примыкания, особенно в условиях географически разнообразных районов. Разные типы помещений характеризуются различными параметрами микроклимата, которые также важно учитывать при проектировании светопрозрачных

конструкций. Ограждающие конструкции, в свою очередь, могут быть классифицированы по разным характеристикам, таким как количество слоев, материал несущего и теплоизолирующего слоя.

Процесс формирования технологических карт включает в себя определение последовательности операций, связанных с изготовлением конструкций, обработкой материалов, их сборкой и установкой на месте монтажа. Обеспечение высокого качества на каждом этапе, начиная с выбора материалов и заканчивая окончательной установкой конструкций, является обязательным требованием. Формирование технологических карт при устройстве светопрозрачных конструкций жилых зданий представляет собой сложный процесс, требующий гармонии между проектированием, выбором материалов, технологическими процессами и контролем качества. Внимательное выполнение всех этих этапов способствует созданию современных, эффективных конструкций, соответствующих всем требованиям заказчика и отраслевым стандартам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033. – DOI 10.1088/1757-899X/869/7/072033.

2. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_86.

3. *Бидов, Т. Х.* Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / *Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254.

4. *Бидов, Т. Х.* Разработка организационно-технологической модели потенциала устройства временного крепления стенок выемок при производстве работ нулевого цикла / *Т. Х. Бидов, Р. Т. Аветисян* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 427-431.

5. *Бидов, Т. Х.* Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / *Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И.*

Магомедов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 120-126.

6. *Николенко, Д. М.* Повышение эффективности организации работ по комплексному обследованию зданий и сооружений с применением современных технологий робототехники / *Д. М. Николенко* // Дни студенческой науки : Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры (ИСА) НИУ МГСУ, Москва, 28 февраля – 04 марта 2022 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2022. – С. 815-817. – EDN JOLNNF.

7. История стрельчатых арок, рациональность и перспектива их возведения / *А. Н. Суворова, И. А. Черный, Д. М. Николенко, А. Н. Нестерова* // Дни студенческой науки : Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры НИУ МГСУ, Москва, 01–05 марта 2021 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2021. – С. 731-733. – EDN GMTXTT.

8. *Суворова, А. Н.* Об оценке скорости сходимости одного несобственного интеграла / *А. Н. Суворова, Д. М. Николенко, Г. Г. Ялунин* // Дни студенческой науки : Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов Института фундаментального образования НИУ МГСУ за 2019-2020 учебный год, Москва, 02–06 марта 2020 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2020. – С. 245-248. – EDN LGYYIQ.

9. A systematic approach to technical inspection of construction projects / *S. I. Ekba, A. E. Borovkova, D. M. Nikolenko, D. Koblyuk* // E3S Web of Conferences : International Scientific Siberian Transport Forum - TransSiberia 2023, Novosibirsk, Russia, 16–19 мая 2023 года. Vol. 402. – Novosibirsk, Russia: EDP Sciences, 2023. – P. 07003. – DOI 10.1051/e3sconf/202340207003. – EDN EBOHHQ.

10. *Kuzmina, T. K.* Forming the complex quality indicator of social objects / *T. K. Kuzmina, Ya. V. Shesterikova, D. M. Nikolenko* // E3S Web of Conferences : International Scientific and Practical Conference “Environmental Risks and Safety in Mechanical Engineering” (ERSME-2023), Rostov-on-Don, Russia, 01–03 марта 2023 года. Vol. 376. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2023. – P. 05056. – DOI 10.1051/e3sconf/202337605056. – EDN WCKKHF.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ КРТ

Современное строительство немислимо без организационно-технологической документации (ОТД), в которой заключены стратегии по организации строительства и технологии выполнения работ. Для типичной застройки или активно применяемой в Москве реновации характерны две ключевые составляющие ОТД: проект организации строительства (ПОС) и проект производства работ (ППР). ПОС включает ряд документов, определяющих необходимые ресурсы (временные, материальные), этапы реализации проекта, а также применяемые технологии для достижения эффективных результатов. ППР разрабатывается как комплекс документов, определяющих методы решения задачи и отвечающих за технический аспект вопроса. В этом документе более подробно рассматриваются виды технологий и операций, осуществляется контроль качества выполнения работ, а также обеспечивается безопасность обслуживания здания и рабочих [1-4].

Для решения проблем комфортной городской среды была внесена статья 66 в Градостроительный кодекс РФ 30 декабря 2020 года под номером 494. Комплексное развитие территорий (КРТ) представляет собой новый этап в строительной сфере. КРТ – это своего рода новая форма реновации, принятая из опыта Москвы и распространяемая на все регионы России. Этот процесс включает не только снос старого жилья или нерентабельных промзон и массовую застройку, но и строительство инфраструктуры для всего района, включая детские сады, школы, социальные объекты, офисные здания, магазины и многое другое. Документация по планировке территории при КРТ разрабатывается в соответствии с несколькими этапами, представленными в таблице 1.

Основные этапы разработки документации по планировке территории при КРТ включают выдачу задания на проектирование, сбор исходных данных, комплексный анализ территории (включая исследование территорий и инженерные изыскания), разработку мастер-плана (концепции развития) территории, проект планировки территории и проект межевания территории. Следующим этапом становится сбор исходных данных. Результатом должны стать технический отчет о выполнении работ по сбору исходных данных с приложением собранных материалов и ГИС-программа с внесенными данными [5-7].

Таблица 1

Основные этапы по разработке документации по планировке территории при КРТ

№ этапа	Название этапа				
1	Задание на проектирование				
2	Сбор исходных данных				
3	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 50%;">Комплексный анализ территории</td> <td style="text-align: center; width: 50%;">Исследование территорий</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Инженерные изыскания</td> </tr> </table>	Комплексный анализ территории	Исследование территорий		Инженерные изыскания
Комплексный анализ территории	Исследование территорий				
	Инженерные изыскания				
4	Мастер-план (концепция развития) территории				
5	Проект планировки территории				
6	Проект межевания территории				

Комплексный анализ включает две фазы: исследование территорий и инженерные изыскания. Их результатом должны стать научный отчет о проведенных исследованиях с приложениями, ГИС-программа с внесенными данными исследований, технический отчет о выполненных инженерных изысканиях с приложениями и ГИС-программа с внесенными данными изысканий [8].

Для территорий комплексного развития рекомендуется разработка мастер-плана (концепции развития) территории. Этот документ предваряет разработку проекта планировки территории и проекта межевания территории. Его задача заключается в определении оптимального сценария развития территории и выборе планировочных и (или) объемно-пространственных решений ее застройки. Мастер-план является основной и самой важной отличительной чертой организационно-технологической документации при КРТ, учитывая не только технические характеристики территории, но и другие показатели, такие как пожелания жителей, окружение будущего квартала и его облик. Значительную роль также играет последующий этап – проект планировки территории, который, помимо красных линий и границ элементов планировочной структуры, включает в себя положение о характеристиках планируемого развития территории и об очередности этого развития.

Завершающим этапом является проект межевания территории, обязательный для любой застройки. На его основе получаем сведения об образуемых земельных участках, границы элементов планировочной структуры, красные линии, линии застройки, границы образуемых и (или) изменяемых земельных участков, а также границы публичных сервитутов.

Сравнив два подхода к формированию организационно-технологической документации, можно утверждать, что комплексное развитие территорий, его ориентированность на потребителя и удобство

для застройщика станут ключевым фактором для полного перехода на КРТ. Новые особенности формирования ОТД, вмещающиеся в планы развития, скорее всего, будут рассматриваться как плюс, а не как недостатки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. "Градостроительный кодекс Российской Федерации" от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 13.06.2023) С. 405-410

2. *Лapidус, А. А.* повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / *А. А. Лapidус, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26

3. *Хубаев, А. О.* Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / *А. О. Хубаев, Р. А. Байчоров, А. А. Урусов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314

4. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033.

5. *Хубаев, А. О.* Мировая практика в области модульного строительства / *А. О. Хубаев, С. С. Саакян, Н. В. Макаев* // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 99-108. – DOI 10.15593/2224-9826/2020.2.09.

6. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С. 39-43.

7. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 385-390. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-12-385-391.

8. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105.

*Студенты 2 курса 20 группы ИПГС Саломатов Г.С., Корнюшин А.В.
Научный руководитель – старший преподаватель каф. ЖКК, Р. С.
Петросян*

РАЗРАБОТКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТЕЙ В КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ СОЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Проблема определение порядка выбора социальных объектов, нуждающихся в капитальном ремонте, становится все более актуальной в связи с возрастающий кол-вом зданий, которые не могут обеспечить их безопасную эксплуатацию. В настоящий момент времени существует только один объективный метод определения физического износа муниципального объекта – экспертиза. Однако, в связи с тем, что такое мероприятие требует больших материальных затрат, его постоянное использование не представляется возможным. Поэтому, предлагается использовать оценочный способ, аналогичный методу, используемому для выбора потребностей в капитальном ремонте жилых зданий по СП 368.1325800.2017 «Здания жилые. Правила проектирования капитального ремонта.» [1].

Во-первых, необходимо отсеять социальные объекты, не рекомендуемые для проведения капитального ремонта: здания, снос которых предполагается в течении 10 лет ввиду нецелесообразности их восстановления, за исключением уникальных случаев, когда их дальнейшая эксплуатация невозможна.

Во-вторых, нужна оценка средней продолжительности эффективной эксплуатации в зависимости от конструктивных решений при строительстве объекта. Т.к. различные способы возведения зданий влияют на их срок службы. Например, объекты, при строительстве которых, использовались полносборные крупнопанельные, крупноблочные конструкции с железобетонными перекрытиями прослужат гораздо дольше чем аналогичные объекты со стенами из кирпича, деревянными перекрытиями и т.д. [2].

В-третьих, обязательна характеристика продолжительности эксплуатации материалов, использующихся при строительстве тех или иных элементов здания, потому что все материалы имеют определенные особенности и различные сроки службы. Необходимо понимать, что эксплуатацию ряда частей здания можно поддерживать путем проведения текущего ремонта.

В-четвертых, предполагается оценка физического износа строения аналогично Таблице А.3 – Оценка физического износа в СП 368.1325800.2017 «Здания жилые. Правила проектирования капитального ремонта»

Необходимость применения конкретных технических решений определяется степенью износа конструкций, приборов и оборудования ремонтируемого здания, возможностями доступа к ним при проведении ремонтных работ с помощью технических средств и инструментов [3-5].

Таким образом, используя эти принципы, возможно создание оценочной системы для определения порядка оказания капитального ремонта социальных объектов. В качестве результирующей параметров износа здания, можно использовать таблицу А.3 в СП 368.1325800.2017 «Здания жилые. Правила проектирования капитального ремонта»

Таблица 1

Оценка физического износа по СП «Здания жилые. Правила проектирования капитального ремонта»

Физ. износ, %	Оценка технического состояния	Общая характеристика технического состояния (критерии необходимости проведения капитального ремонта)	Проведение капитального ремонта
0—20	Хорошее	1 повреждений или деформаций нет. 2 имеются некоторые незначительные дефекты, которые не влияют на функциональность конструкции.	Капитальный ремонт может производиться лишь на отдельных участках, имеющих относительно повышенный износ
21—40	Удовлетворительное	Конструктивные элементы, как правило, пригодны для эксплуатации, но для поддержания их в хорошем состоянии на данном этапе лучше провести капитальный ремонт.	Выборочный капитальный ремонт конструктивных элементов
41—60	Неудовлетворительное	Функционирование конструктивных элементов возможно только при условии значительного капитального ремонта	Необходим капитальный ремонт
61—80	Ветхое	1 Несущие конструктивные элементы находятся в аварийном состоянии, ненесущие — в ветхом.	Необходимо решение специализированной комиссии о целесообразности проведения

		2 Ограниченное выполнение конструктивными элементами своих функций возможно только после принятия мер безопасности.	комплексного капитального ремонта или реконструкции, либо признании многоквартирного дома аварийным.
81 — 100	Негодное	Конструктивные элементы находятся в разрушенном состоянии. При износе 100 % остатки конструктивного элемента полностью ликвидированы	Необходимо решение специализированной комиссии о признании многоквартирного дома аварийным или не пригодным для проживания

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_86.

2. *Хубаев, А. О.* Анализ и сбор данных для проведения капитального ремонта в России / *А. О. Хубаев, Б. Р. Долов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 7. – С. 625-628. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-7-625-626.

3. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // Перспективы науки. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.

4. *Kuzmina, T. K.* Forming the complex quality indicator of social objects / *T. K. Kuzmina, Ya. V. Shesterikova, D. M. Nikolenko* // E3S Web of Conferences : International Scientific and Practical Conference “Environmental Risks and Safety in Mechanical Engineering” (ERSME-2023), Rostov-on-Don, Russia, 01–03 марта 2023 года. Vol. 376. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2023. – P. 05056. – DOI 10.1051/e3sconf/202337605056. – EDN WCCCKHF.

5. A systematic approach to technical inspection of construction projects / *S. I. Ekba, A. E. Borovkova, D. M. Nikolenko, D. Koblyuk* // E3S Web of Conferences : International Scientific Siberian Transport Forum - TransSiberia 2023, Novosibirsk, Russia, 16–19 мая 2023 года. Vol. 402. – Novosibirsk, Russia: EDP Sciences, 2023. – P. 07003.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИЯХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Здания и сооружения, как правило, предназначены для долгосрочной эксплуатации, однако в любой момент может возникнуть необходимость в проведении ремонта или реконструкции. Прежде чем приступить к значительным изменениям и доработкам, проводится техническое обследование зданий, построек и сооружений [1-2].

Техническое обследование здания (сооружения) представляет собой комплекс мероприятий, направленных на определение и оценку фактических значений контролируемых параметров. Эти параметры характеризуют работоспособность объекта обследования и определяют возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимость восстановления, усиления и ремонта. Процесс включает в себя обследование грунтов основания и строительных конструкций для выявления изменений свойств грунтов, деформационных повреждений, дефектов несущих конструкций и определения их фактической несущей способности [3-5].

Техническое обследование проводится в строгой последовательности действий, разделенных на этапы. Этот процесс включает всестороннюю, глубокую работу, начиная с проверки документации и заканчивая внешним осмотром. Согласно общим правилам, обследование и мониторинг технического состояния зданий и сооружений проводятся специализированными организациями, оснащенными современной приборной базой и квалифицированными специалистами. Требования к таким организациям устанавливаются органами исполнительной власти, ответственными за государственный строительный надзор.

Первое обследование технического состояния зданий и сооружений проводится не позднее чем через два года после ввода их в эксплуатацию. Последующие обследования проводятся не реже одного раза в 10 лет и не реже одного раза в пять лет для объектов, работающих в условиях повышенных нагрузок. Уникальные здания могут подвергаться постоянному мониторингу [6-8]. Также обследования проводятся по ряду обстоятельств, включая изменение технологического назначения, обнаружение дефектов, стихийные бедствия и др.

Однако при обследованиях зданий и сооружений возникают определенные проблемы. Проблемы могут возникнуть из-за противоречий в нормативной базе, отсутствия эксплуатационной документации и проблем с доступом к помещениям. Эти вопросы

требуют внимательного внимания и решения для обеспечения эффективного проведения технического обследования [9-10].

Также, при обследованиях зданий и сооружений существуют некоторые проблемы:

1. Проблема нормативной базы

ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» и СП 13-102-2003 – основные регламентирующие документы. Имеют ряд противоречий и несоответствий в терминологии, положениях и определения. Также имеется несоответствие в количестве категорий технического состояния (в ГОСТ 31937-2011 – 4 категории, а в СП 13-102-2003 их 6). В СП 13-102-2003 не используется такое понятие как мониторинг, а в ГОСТ 31937-2011 некоторые положения сформулированы неточно, что позволяет толковать их неоднозначно.

2. Проблема эксплуатационной документации

Собственники объектов нередко безответственно относятся к хранению эксплуатационной документации. Проектная и исполнительная документация часто отсутствует или находится в таком состоянии, что её невозможно использовать. Достаточно часто ремонты и усиления выполняется – «хозспособом», без проектной документации.

3. Проблема доступа

Более 90% обследуемых зданий – эксплуатируемые. Собственники могут не впускать специалистов, проводящих работы в помещения. Заказчик не всегда может решить вопрос о полном или частичном доступе. Также проблемой при обследованиях часто является захламленность помещений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Петрова И.Ю., Мостовой О.О.* ОБЗОР ПРОЦЕССА ПРОВЕДЕНИЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2021. №1 (35). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-protsessy-provedeniya-obsledovaniya-zdaniy-i-sooruzheniy-problemy-i-puti-resheniya> (дата обращения: 11.03.2024).

2. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.

3. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105.

4. *Хубаев, А. О.* Повышение эффективности возведения монолитных конструкций с применением технологии виртуальной и дополненной реальности / *А. О. Хубаев, С. С. Саакян* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 492-495.

5. *Khubaev, A. O.* Determination of the effectiveness of the production process of winter concreting based on field studies / *A. O. Khubaev* // E3S Web of Conferences : Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023), Chelyabinsk, 25–28 апреля 2023 года. Vol. 389. – Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. – P. 06012

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019661940 Российская Федерация. Расчет потенциала производства зимнего бетонирования при перепрофилировании промышленных объектов : № 2019660544 : заявл. 16.08.2019 : опубли. 12.09.2019 / *Д. В. Топчий, А. А. Лapidус, А. О. Хубаев.*

7. *Бидов, Т. Х.* Разработка организационно-технологической модели потенциала устройства временного крепления стенок выемок при производстве работ нулевого цикла / *Т. Х. Бидов, Р. Т. Аветисян* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 427-431.

8. *Лapidус, А. А.* Формирование производственно-технологических модулей, обосновывающих использование методов неразрушающего контроля при возведении монолитных конструкций гражданских зданий / *А. А. Лapidус, Т. Х. Бидов* // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 1(91). – С. 36-39.

9. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037. – DOI 10.1051/e3sconf/20199706037.

10. *Lapidus, A.* The study of the calibration dependences used when testing the concrete strength by nondestructive methods / *A. Lapidus, T. Bidov, A. Khubaev* // MATEC Web of Conferences, Warsaw, 19–21 августа 2017 года. Vol. 117. – Warsaw: EDP Sciences, 2017. – P. 00094. – DOI 10.1051/matecconf/201711700094.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПРИ МОНТАЖЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОДНОЭТАЖНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ

В современном строительстве металлические одноэтажные промышленные здания являются одним из наиболее востребованных типов зданий (во всем мире занимают около 50 % от общего объема в строительстве, а в России этот вид конструкций оценивается в 30 %). Они обладают рядом преимуществ (по сравнению с традиционными строительными материалами-дерево, кирпич и бетон), такими как высокая прочность, долговечность и устойчивость к коррозии, что делает их идеальным выбором для различных отраслей промышленности. Однако, при проектировании и монтаже таких зданий необходимо учитывать ряд особенностей и требований.

Одной из ключевых особенностей является необходимость тщательного планирования и разработки проекта производства работ (ППР). Рассмотрим одну из глав проекта «Указания по производству работ». Она включает в себя: основные требования к выполнению работ, указания по производству работ в подготовительный период, общие требования к производственному контролю качества, требования к изготовлению, поставке конструкций и т.д [1].

В основных требованиях к выполнению работ описывается, что все работы обязаны выполняться в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации, подрядные организации должны иметь лицензии на специальные виды работ, подрядчики должны соблюдать требования пожарной безопасности и техники безопасности, мастера подрядной организации обязаны являться высококвалифицированными и аттестованными специалистами на право ведения работ [2].

До начала производства работ по монтажу металлического одноэтажного промышленного здания необходимо провести подготовительные работы, которые включают в себя:

1. Составление графика выполнения работ с указанием сроков и ответственных лиц.
2. Подготовку строительной площадки.
3. Знаки безопасности на территории стройплощадки.
4. Обеспечение необходимого количества стройматериалов и инвентаря.

Для обеспечения высокого качества монтажа металлических конструкций необходимо соблюдать следующие требования:

1. Наличие проектной документации.
2. Контроль качества сварки и болтовых соединений.
3. Четкое соблюдение технологии монтажа.

Изготовление и поставка металлоконструкций осуществляются в соответствии с определенными правилами:

1. Все конструкции должны быть изготовлены в полном соответствии с чертежами, с проектом, с требованиями нормативных документов и действующих норм.

2. Поставка металлоконструкций должна осуществляться в установленные договором сроки.

Существует несколько типов транспортировки сборных частей металлоконструкций. При сложной геометрической формы конструкции и в условиях ограниченного пространства строящегося объекта, для исключения складирования конструкции, необходимо производить монтажные работы по методу «монтаж с колес». Это метод строительства, при котором все необходимые материалы и оборудования доставляются на строительную площадку прямо с завода изготовителя или склада без предварительной разгрузки, так как конструкции моментально подаются на монтаж (рис.1, б) [3]. Перевозят металлические конструкции (за исключением колонн) в проектом положении, также необходимо использовать подкладки в виде деревянных пластин между сборными элементами. Это снижает риск повреждения материалов (потеря устойчивости в горизонтальном направлении, вмятины) при транспортировке и хранении. Для обеспечения высокого темпа монтажных работ должна быть четко налажена работа изготовителя (склада) конструкций с бесперебойной подачей на монтаж. Таким образом, монтаж с колес требует более высокой точности планирования и координации между всеми участниками процесса, включая производителей материалов, транспортные компании и строительную бригаду.

Монтаж со склада-метод строительства, при котором все необходимые материалы и оборудования хранятся на складе строительной площадки до начала работ (рис.1, а) [4]. Все технологические процессы выполняются на объекте. До старта выполнения работ хранение материалов производится на площадке складирования в зоне действия кранов, в пределах их грузовых характеристик в соответствии со стандартами, с разрешения ИТР (инженерно-технический работник). Площадку складирования необходимо спланировать, при необходимости уплотнить и отсыпать щебнем. Преимуществом монтажа со склада является то, что он

обеспечивает доступ к необходимым материалам в любое время, что позволяет избежать задержек и проблем с логистикой.

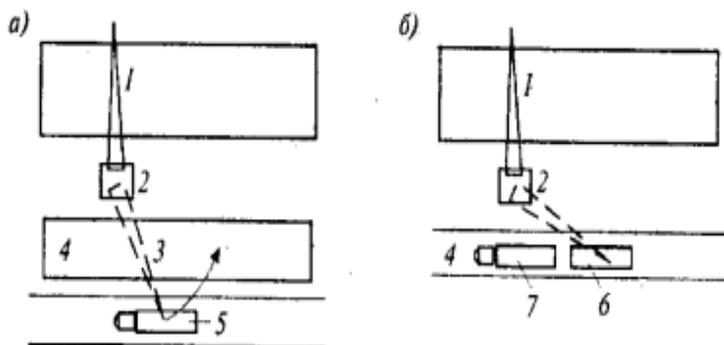


Рис 1. Схема монтажа:

а-монтаж со склада; б-монтаж с колес; 1-возводимое здание;
2-кран; 3-склад конструкций; 4-дорога; 5-тягач с полуприцепом под нагрузкой; 6-
полуприцеп после монтажа с него конструкций.

Таким образом, разработка проекта производства работ при монтаже металлического одноэтажного промышленного здания требует комплексного подхода и учета всех особенностей монтажного процесса. Оптимальная разработка проекта обеспечивает монтаж объекта качественно и в минимальные сроки, снижает себестоимость монтажных работ. При соблюдении всех условия проекта производства работ повышается безопасность монтажных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ершов М.Н., Лapidус А.А., Теличенко В.И.* Технологические процессы в строительстве. Книга 6. Монтаж строительных конструкций: Учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2016.-104 с.
2. *Хубаев, А. О.* Мировая практика в области модульного строительства / *А. О. Хубаев, С. С. Саакян, Н. В. Макаев* // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 99-108.
3. *Лapidус, А. А.* повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / *А. А. Лapidус, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26
4. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90.

ПРОИЗВОДСТВО ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Зимний период представляет определенные вызовы для производства земляных работ из-за неблагоприятных погодных условий, таких как снег, лед и низкие температуры. Для производства земляных работ в зимний период необходимо учитывать следующие аспекты:

1. Подготовка рабочей площадки: необходимо обеспечить доступ к месту проведения работ, очистить площадку от снега и льда, а также исключить риск образования снежного обвала. Так, например, для того чтобы обеспечить успешную разработку грунтов, мерзлый грунт готовят к экскавации. Для этого применяют оттаивание, механическое рыхление специальным оборудованием [1,2].

Многолетняя практика показывает, что самым выгодным способом разработки грунта является взрывной, при этом важно заранее рассчитать величину заряда, учитывая вид взрывчатых веществ их количество, состав грунта.

Предохранение грунта от промерзания так же является одним из важнейших этапов, для которого используют боронование, нанесение полимерной пены или утепляющего материала на поверхность площадки. Традиционным способом защиты является засоление, т.е. пропитка верхнего слоя грунта минеральными солями соляной или азотной кислот. Это достигается путем поливки поверхности грунта растворами этих солей или смешиванием с такими солями предварительно разрыхленного верхнего слоя грунта.

2. Использование специальной техники: для более эффективного осуществления земляных работ в зимний период используются специализированные машины и оборудование, способные работать при низких температурах. Так, рыхление земли осуществляют с помощью клин-молота, тракторных рыхлителей, шар-баб и клин-баб. Использование последних двух машин основано на сбрасывании с высоты нескольких метров металлического груза шаровой или клинообразной формы. При рыхлении клин-молотом энергия удара создается за счет дизель-молота (такого же как при забивке свай) или гидромолота. Достигается рыхление мерзлого слоя толщиной до 1,3 метров. Рыхление взрывами также подразумевает под собой использование многогабаритных землеройных машин и специальных зарядов, которые закладываются в скважины или щели (при малой глубине – в шпур и щели). Кроме рыхления нередко используют расчленение мерзлого грунта на блоки правильной формы. При такой

нарезке необходимо использование одноковшовых либо многоковшовых экскаваторов, экскаваторы с клещевым захватом, краном, экскаваторы с обратной лопатой, а также щелерезы с дисковым или баровым оборудованием [3,4].

Помимо прочего, прогрев мерзлого грунта, который нередко используют при земляных работах в зимний период, так же требует особого оборудования. Например, при огневом способе используют металлические короба со специальными вытяжными трубами. Паровой метод требует использования паровых игл, погружаемых в грунт, и соединяющих их шлангов. Электрические и электрохимические способы подразумевают наличие элементов, изготовляемых из полосовой или круговой стали.

3. Обеспечение безопасности: важно соблюдать все необходимые меры безопасности при проведении земляных работ в зимний период, такие как использование защитной одежды, обуви и экипировки. Падение температуры, покрытие снегом и образование льда могут привести к неожиданным ситуациям и авариям. Все работники, задействованные в земляных работах, должны быть обучены правилам безопасности и процедурам работы в зимних условиях. Регулярные инструктажи и обучение помогут повысить осведомленность работников о возможных опасностях и способах их предотвращения. Помимо этого, необходимы специальные средства защиты. Для предотвращения заболеваний и травм при работе на морозе, используются теплые вещи, средства для обогрева рук и ног, а также средства защиты органов дыхания [5].

4. Контроль за качеством работ. Постоянный надзор осуществляют с привлечением представителей геодезической службы и строительной лаборатории. Наличие специалистов, опытных в земляных работах, позволит обеспечить качественное выполнение задач даже при неблагоприятных погодных условиях. В особом порядке проверяются следующие пункты [6]:

- положения выемок и насыпей в пространстве (в плане и высотное)
- геометрические размеры земляных сооружений
- Отметки бровок и дна выемок
- отметки спланированных поверхностей, уклоны откосов выемок и насыпей
- свойства грунтов в основании сооружения
- свойства грунтов в насыпных сооружениях
- качество укладки грунта в насыпи и обратной засыпки.

Данный контроль осуществляют с помощью геодезических приборов, а также простейших инструкций. Таким образом, производство

земляных работ в зимний период возможно при соблюдении всех необходимых мер и правил безопасности, тщательной подготовки к началу процесса, правильном планировании и подборе наиболее удобного времени (учет погодных условий), использовании специализированной техники и контроле за качеством работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Хубаев, А. О.* Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / *А. О. Хубаев, Р. А. Байчоров, А. А. Урусов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314

2. *Бидов, Т. Х.* Разработка организационно-технологической модели потенциала устройства временного крепления стенок выемок при производстве работ нулевого цикла / *Т. Х. Бидов, Р. Т. Аветисян* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 427-431.

3. *Бидов, Т. Х.* Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / *Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И. Магомедов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 120-126.

4. *Ланидус, А. А.* повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / *А. А. Ланидус, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26

5. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033.

6. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА В АРКАТИКЕ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Территории многолетней мерзлоты с начала 20 века привлекают особое внимание ученых нашей страны. Их интерес оправдан множеством фактов, которые в совокупности дают ответ на то, почему же человек стремится освоить эти суровые, удаленные от центров инфраструктуры и сложные в логистическом плане районы [1].

Север является крупной базой ископаемых ресурсов и углеводородов, красоты его природы открывают новые возможности для развития туризма, помимо этого, освоение крайнего севера предоставляет возможности для развития малого и среднего бизнеса. Таким образом исследование и улучшение методов строительства в арктических районах является актуальной задачей в наши дни [2].

Данная статья направлена на рассмотрение исторического развития строительства в холодных регионах России, а также анализ основных современных тенденций. Подобное изучение позволяет выявить эволюцию технологий и методов, применяемых для создания устойчивых сооружений в экстремальных климатических условиях, и современные вызовы и потенциал для инноваций, необходимых для обеспечения устойчивого развития данного сектора в условиях изменения климата. Впервые сложности строительства на мерзлых грунтах дали о себе знать при возведении Забайкальской железной дороги. Отсутствие необходимых теоретических знаний и навыков строительства в условиях вечной мерзлоты привело к тому, что были использованы общепринятые нормы и стандарты строительства без учета местных особенностей, что в дальнейшем привело к серьезным авариям и значительным финансовым потерям [3].

Позднее при строительстве Амурской железной дороги в 1912-1916 были совершены схожие ошибки из-за недостаточного анализа и систематизации предыдущего опыта [4-6]. В дальнейшем с изучением свойств мерзлых грунтов в процессе исследований были выявлены ключевые трудности, возникающие при выполнении строительных работ:

1. Нагрев грунта с дальнейшим подтаиванием, потерей монолитности.
2. Образование межмерзлотных напорных горизонтов вод.
3. Образование «бугров пучения», способных достигать высоты более 2 метров.

Эти и многие другие сопутствующие проблемы нашли решение благодаря возникновению такой научной дисциплины как мерзлотоведение, изучающей процессы формирования, распространения и воздействия мерзлых пород и мерзлоты на окружающую среду, строительство и другие аспекты геосистем земной коры в условиях холодного климата. На данный момент существует два принципа строительства зданий в зонах вечной мерзлоты. Первым стало обустройство вентилируемых подполий зданий и применение свайного фундамента. При данном способе вечномерзлые грунты остаются в мерзлом состоянии как в процессе возведения, так и на протяжении всего срока эксплуатации здания, таким образом предусматривая просвет между грунтом и зданием, обеспечивая естественную вентиляцию мёрзлой поверхности. Такой метод строительства фундаментов стал возможен благодаря инженеру-строителю Михаилу Киму, который будучи одним из заключенных Норильлага, исследовал свойства вечной мерзлоты еще с 30-х годов. Строительство по второму принципу подразумевает возможность оттаивания грунта основания в процессе эксплуатации здания. Данный способ возведения здания предполагает использование качественной теплоизоляции. Этот подход к строительству актуален для регионов, где на протяжении срока службы здания вероятно изменение состояния грунта от мерзлого к талому или наоборот. Общеизвестно, что при промерзании сильно влажных грунтов происходят активные деформации, выраженные в виде пучения. При оттаивании льда он переходит в воду, и объем грунта снижается. Для уменьшения амплитуды температурных колебаний грунта основания используется метод стабилизации, однако надежность этого метода недостаточно высока из-за внезапных климатических изменений температуры воздуха и влажности, а также, прежде всего, из-за колебаний толщины снежного покрова [7-9].

В условиях изменяющегося климата в Арктике, существует необходимость в адаптации технологий строительства для обеспечения устойчивости инфраструктуры и сооружений. Новые вызовы, такие как таяние мерзлоты, увеличение частоты экстремальных погодных явлений и эрозия берегов, требуют разработки инновационных подходов к проектированию и реализации строительных проектов в регионе.

Дальнейшие исследования и разработки в области изменения технологий строительства в Арктике необходимы для обеспечения устойчивого развития региона и сохранения его природных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Хубаев, А. О.* Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / *А. О. Хубаев,*

Р. А. Байчоров, А. А. Урусов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314

2. *Ланидус, А. А. повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / А. А. Ланидус, А. О. Хубаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26*

3. *Хубаев, А. О. Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / А. О. Хубаев, Р. А. Байчоров, А. А. Урусов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314*

4. *Бидов, Т. Х. Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25.*

5. *Lapidus, A. Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.*

6. *Khubaev, A. Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071.*

7. *Бидов, Т. Х. Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466-471. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471.*

8. *Бидов, Т. Х. Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И. Магомедов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 120-126.*

9. *Хубаев, А. О. Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.*

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРОБЛЕМЫ ОТЛИЧИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ И КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА

Существует значительное количество ситуаций, когда строительная экспертиза предъявляет технические требования, соответствующие реконструкции, для объекта, который требует капитального ремонта. Возникает множество вопросов относительно принятия дальнейших конструктивных и архитектурных решений. Таким образом, необходимо разобраться, что можно отнести к реконструкции, а что к капитальному ремонту здания или сооружения, обращаясь к определению этих понятий в Градостроительном кодексе РФ (Статья 1) [1-5].

Реконструкция объектов капитального строительства (за исключением линейных объектов) охватывает изменение параметров объекта, таких как высота, количество этажей, площадь и объем, включая надстройку, перестройку и расширение объекта капитального строительства. Это также включает замену и (или) восстановление несущих строительных конструкций объекта.

Капитальный ремонт объектов капитального строительства (за исключением линейных объектов) включает в себя замену и (или) восстановление строительных конструкций и элементов, за исключением несущих конструкций. Это также включает замену и (или) восстановление систем инженерно-технического обеспечения и сетей инженерно-технического обеспечения объектов капитального строительства или их элементов, а также замену отдельных элементов несущих строительных конструкций на аналогичные или иные улучшающие показатели таких конструкций, и (или) восстановление указанных элементов [6-9].

Кажется, что с точки зрения строительного производства это совершенно разные понятия. Однако грань между ними очень тонка, так как в процессе строительной экспертизы у экспертов часто возникает множество вопросов, противоречащих нормативной документации. Например, просят пересмотреть конструктивные решения, принятые на объекте капитального ремонта, и установить, предположим, несущую балку, которая имеет другую массу и другие прочностные характеристики. Это представляет собой совершенно новую нагрузку на остов здания, которая не была рассчитана с момента проектирования. Из-за такой замены может потребоваться переквалификация объекта в реконструкцию несмотря на то, что, казалось бы, без замены обойтись

невозможно. Также сильное влияние оказывает субъективное мнение эксперта [10-12].

Однако постановление №881 приходит на помощь подрядчику, разрешая в капремонте усиления и замены несущих элементов. Это смягчает условия, увеличивая вероятность избежать реконструкции. Тем не менее, как и ранее, любая надстройка или увеличение объема здания, безусловно, является реконструкцией [13].

Мы рассмотрели проблему квалификации объекта, но какие конкретные различия между видами работ? В реконструкции вся проектная документация подвергается тщательной экспертизе, в то время как при капитальном ремонте проверяется лишь сметная документация. Поэтому, если объект хотят переквалифицировать, то проверка будет подвергнута вся проектная документация.

Замена инженерных сетей, отделки, окон, дверных проемов, снос перегородок (если их масса не превышает предыдущих) относится к капитальному ремонту. Однако если меняется спецификация проемов, перегородки становятся тяжелее, требуется усиление перекрытия или установка несущей колонны, объект уже неизбежно приобретает статус реконструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бидов, Т. Х.* Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / *Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И. Магомедов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 120-126.

2. *Бидов, Т. Х.* Разработка организационно-технологической модели потенциала устройства временного крепления стенок выемок при производстве работ нулевого цикла / *Т. Х. Бидов, Р. Т. Аветисян* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 427-431.

3. *Ланидус, А. А.* повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / *А. А. Ланидус, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26

4. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033.

5. *Бидов, Т. Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // *Construction and Geotechnics*. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25.
6. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // *Перспективы науки*. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.
7. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // *Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года*. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.
8. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2022. – № 12. – С. 385-390.
9. *Бидов, Т. Х.* Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев* // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2022. – № 2. – С. 466-471. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471.
10. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // *MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года*. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019661940 Российская Федерация. Расчет потенциала производства зимнего бетонирования при перепрофилировании промышленных объектов : № 2019660544 : заявл. 16.08.2019 : опубл. 12.09.2019 / *Д. В. Тончий, А. А. Ланидус, А. О. Хубаев*.
12. Хубаев, А. О. Практика применения объемно-блочного домостроения в России / *А. О. Хубаев, С. С. Саакян* // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика*. – 2020. – № 3(39). – С. 112-119.
13. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // *Научное обозрение*. – 2017. – № 15. – С. 39-43.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Современный городской ландшафт характеризуется плотной застройкой и ограниченным пространством для размещения новых объектов инфраструктуры. Это создает особые технологические и проектировочные вызовы при возведении новых сооружений, а также при модернизации и реконструкции уже существующих объектов. Каждое строительство в условиях ограниченного пространства и необходимости максимального использования ресурсов требует особых подходов и инновационных технологий [1].

Одной из ключевых особенностей технологического проектирования в городской застройке является необходимость учета уже существующей инфраструктуры и строений. [2].

Кроме того, в условиях городской застройки особое внимание уделяется экологическим аспектам проектирования. Технологические решения должны быть ориентированы на минимизацию воздействия на окружающую среду, включая сокращение выбросов вредных веществ, утилизацию отходов и использованием энергоэффективных технологий.

Другим важным аспектом является безопасность строительства в условиях городской застройки. Плотное расположение зданий и инфраструктуры требует строгое соблюдение всех норм и правил безопасности при проведении работ, а также использование специальных технологий и оборудования для минимизации рисков возникновения аварий и ЧП [3]. В условиях плотной городской застройки технологическое проектирование сталкивается с рядом проблем и вызовов, которые требуют внимания и решения.

1. Сложность получения разрешений и согласований: процесс получения разрешений и согласований для объектов технологического проектирования может быть сложным и длительным. Это может замедлить процесс проектирования и привести к дополнительным затратам.

2. Ограничения на использование земельных участков: в условиях дефицита свободных земельных участков для технологического проектирования необходимо разрабатывать гибкие решения, позволяющие использовать ограниченные земельные ресурсы максимально эффективно.

3. Ограничения по использованию технологий: в условиях городской застройки использование некоторых технологий может быть ограничено из-за шума, вибрации, выбросов и других факторов.

Необходимо выбирать технологии, которые будут наиболее эффективными и безопасными в данных условиях [3-5].

Для оптимизации технологического проектирования в условиях плотной городской застройки необходимо использовать следующие подходы и решения:

1. Применение инновационных технологий и материалов: использование новых технологий и материалов позволяет создавать более компактные и эффективные объекты с меньшим воздействием на окружающую среду.

2. Интеграция с другими инфраструктурными объектами: объединение объектов технологического профиля с другими видами инфраструктур, такими как транспортная сеть, позволяет оптимизировать использование пространства и снизить затраты на проектирование.

3. Учет экологических аспектов: разработка проектов, учитывающих экологические требования и обеспечивающих минимальное воздействие на окружающую среду, является ключевым фактором успешного технологического проектирования [6].

Для обеспечения качественного технологического проектирования объектов в условиях плотной городской застройки следует руководствоваться требованиями нормативных документов:

1. СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». Он устанавливает требования к планировке и застройке городских территорий, а также к размещению различных типов объектов (промышленных предприятий, жилых зданий, транспортных узлов и т.д.) [7].

Этот документ учитывает особенности городской среды и позволяет проектировать объекты таким образом, чтобы они соответствовали всем требованиям и нормам, а также не создавали негативного воздействия на окружающую среду и население. Кроме того, СП 42.13330.2016 помогает оптимизировать процесс проектирования, позволяя использовать ограниченное пространство городских территорий максимально эффективно.

2. СП 18.13330.2011 «Генеральные планы промышленных предприятий» нормируют проектирование объектов в условиях плотной городской застройки. Этот свод правил учитывает такие факторы, как доступность земельных участков, взаимодействие с другими объектами инфраструктуры и экологические аспекты [8].

Таким образом, технологическое проектирование в условиях плотной городской застройки является сложным, но важным процессом, требующим комплексного подхода, инновационных решений и соблюдения всех стандартов безопасности и экологии. Соблюдение

требований ГОСТ и СП при проектировании позволяет создавать безопасные и удобные объекты, которые эффективно используют доступное пространство и соответствуют современным стандартам. Только таким образом можно обеспечить успешное строительство объектов и устойчивое развитие городской инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90.

2. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.

3. *Хубаев, А. О.* Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / *А. О. Хубаев, Р. А. Байчоров, А. А. Урусов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314

4. *Бидов, Т. Х.* Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / *Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254.

5. *Бидов, Т. Х.* Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / *Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И. Магомедов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 120-126.

6. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С. 39-43.

7. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.

8. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_100.

Студент 1 года обучения магистратуры 21 группы ИПГС Шароватов Н.А.

Научный руководитель – старший научный сотрудник НОЦ КТОС, канд. тех. наук, Р.С. Фатуллаев

ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГОТОВНОСТИ МНОГОКВАРТИРНОГО ДОМА К ПРОВЕДЕНИЮ РАБОТ ПО КАПИТАЛЬНОМУ РЕМОНТУ

Капитальный ремонт многоквартирных домов – это комплекс мероприятий, направленных на восстановление и повышение эксплуатационных характеристик здания. Оценка готовности дома к капитальному ремонту включает в себя ряд условий и мероприятий, которые должны быть выполнены на подготовительном этапе до начала проведения капитального ремонта. Эффективное планирование и выполнение таких работ требуют тщательной подготовки и оценки готовности объекта к ремонту. В этом контексте особую роль играют организационно-технологические параметры, которые позволяют определить объем необходимых работ, их сложность, а также ресурсное и временное планирование. Рассмотрим ключевые аспекты формирования этих параметров.

Анализ технического состояния здания

Первый шаг к определению готовности дома к капитальному ремонту – это проведение технического обследования здания. Согласно Жилищному кодексу Российской Федерации, расходы на подготовку и проведение капитального ремонта многоквартирных домов, включая технический анализ или обследование здания перед началом работ, покрываются за счет средств фонда капитального ремонта. Этот фонд формируется из взносов собственников жилья [1]. Процесс технического анализа включает в себя детальный осмотр физического состояния здания, чтобы определить его текущие и потенциальные проблемы. Производится анализ конструктивных элементов (фундамент, стены, перекрытия, кровля), инженерных систем (отопление, водоснабжение, канализация, электроснабжение), а также фасадов и общих помещений [2-3]. Результаты обследования позволяют выявить дефекты и повреждения, требующие дальнейшего устранения.

Определение объема работ и разработка проектной документации

На основе данных, полученных в ходе технического обследования, формируется перечень необходимых ремонтных работ. Этот этап включает разработку технического задания на капитальный ремонт, учитывающего все выявленные недостатки и требования к устранению. Важно определить приоритетность задач, распределить их по этапам и

привязать к конкретным местам выполнения. По результатам анализа технического состояния формируется перечень необходимых ремонтных работ. Последующее техническое задание должно включать подробное описание всех видов работ, используемых материалов и технологий [4-5]. Далее происходит создание рабочих чертежей и схем, в которых отражены все планируемые изменения и ремонтные работы. Документация должна соответствовать действующим строительным нормам и правилам.

Ресурсное планирование заключается в оценке необходимых материалов, оборудования и рабочей силы для выполнения каждого вида работ. На данном этапе происходит составление смет на материалы и работу, определяется потребность в специализированном оборудовании, планируется численность и квалификация рабочей силы. Это позволяет определить стоимость ремонта, сформировать бюджет проекта и учесть возможные риски.

Временное планирование заключается в составлении графика производства работ на весь период проведения капитального ремонта. Важно рационально распределить задачи во времени, учесть логическую последовательность выполнения различных работ, предусмотреть буферные периоды на случай непредвиденных обстоятельств. График должен координироваться с жителями дома, чтобы минимизировать неудобства для них. Временное планирование помогает оптимизировать процесс ремонта и обеспечить его завершение в установленные сроки [6-7].

Согласование и утверждение проекта.

Последний этап предполагает получение всех необходимых разрешений и согласований для начала работ. Данный этап включает:

1) Согласование проекта ремонта с жильцами дома и получение их одобрения;

2) Получение разрешений от городских служб и надзорных органов.

Этот этап является критически важным для обеспечения законности и прозрачности всего процесса капитального ремонта.

Формирование организационно-технологических параметров для оценки готовности многоквартирного дома к капитальному ремонту – это сложный процесс, требующий комплексного подхода. Тщательная подготовка на этапе планирования позволяет не только определить объем и стоимость работ, но и минимизировать риски задержек и увеличения бюджета. Отдельное внимание сегодня уделяется организационно-технологическим, техническим и управленческим решениям, способным повысить качество конечных показателей: сократить продолжительность жизненного цикла, стоимость и трудозатраты на единицу продукции [8-9].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Фатуллаев, Р.С.* Формирование алгоритма комплексной оценки проведения внеплановых ремонтных работ / *Р.С. Фатуллаев* // Перспективы науки. - Тамбов : ТМБпринт. - 2017. -№9(96).-С. 11-14
2. *Фатуллаев Р.С., Айдаров С.Р.* Оценка факторов, влияющих на эффективность организационно-технологических решений при проведении капитального ремонта в домах с разной формой собственности // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 12 (102). С. 119-122.
3. *Кагазежев А.Ю., Фатуллаев Р.С., Хубаев А.О., Шестерикова Я.В.* Анализ основных проблем планирования программ капитального ремонта // Перспективы науки. 2022. № 12 (159). С. 81-86.
4. *Кузьмина Т.К., Абрегов М.А., Виткова Р.А.* Эффективность проведения капитального ремонта многоквартирных жилых домов (МКД) // Components of Scientific and Technological Progress. 2023. № 7 (85). С. 24-29
5. Лapidус, А. А. повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / *А. А. Лapidус, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26
6. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90.
7. *Бидов, Т. Х.* Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / *Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И. Магомедов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 120-126.
8. Modern Russian high-tech construction materials and their application in domestic construction industry (on example of metal-ceramic panels Hardwall) / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Bzhienikov, V. Nesterova* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol. 365, 3. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 032005.
9. Analytical study of the actual cost of the completed overhaul of multi-apartment residential buildings in Russia / *R. S. Fatullaev, T. Kh. Bidov, Ya. V. Shesterikova, D. M. Nikolenko* // E3S Web of Conferences : Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023), Chelyabinsk, 25–28 апреля 2023 года. Vol. 389. – Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. – P. 06029.

СЕКЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Студенты 2 курса 19 группы ИПГС Пашин И. А., Абрамычев Г. В.
Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук, доц. Т. К.
Кузьмина*

МЕТОД ESG В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Технология ESG (Environmental, Social, Governance) представляет собой всесторонний метод, который учитывает не только экологическое воздействие строительного процесса на окружающую среду, но также социальные и управленческие аспекты в строительстве.

О технологии активно начали говорить в 20-х годах 21-го века. На момент написания статьи сформированы общие подходы и проведены первые исследования и расчеты последствий применения метода EGS при проектировании зданий и городской среды. Также в данный момент происходит формирование нормативной документации, которая составит основу этого метода и позволит внедрить его в массовое строительство новых и реновацию старых зданий [1-3].

Основные методы EGS принципа заключены в названии: Environmental (относящийся к окружающей среде) - учет воздействия строительства и эксплуатации здания на окружающую среду; Social (социальный) - взаимодействие с жителями на всех этапах и учет их мнения при формировании доступной среды; Governance (управленческий) - организация процесса строительства с вовлечением местных жителей [4-6].

Решения, основанные на принципе "Environmental", направлены на сохранение экологического равновесия и биологического разнообразия в застраиваемых территориях, а также на эффективное использование местных ресурсов (таких как газ, вода и другие), необходимых для удовлетворения потребностей жителей [7]. Перечислим некоторые из решений при использовании данного принципа: применение углеродно-нейтральных материалов и «сухих» строительных технологий снижает выбросы углекислого газа, упрощает монтаж и сокращает время строительства, обеспечивая лучшую теплоизоляцию и влагостойкость. Комплексная теплоизоляция и двойной фасад создают климатический буфер, снижая потребность в отоплении и кондиционировании.

Принцип "Social" нацелен на улучшение социальных аспектов жизни людей во время проведения строительства. Этот подход включает взаимодействие с местными жителями, получение обратной связи от них, а также учет их потребностей и мнений. Различные типы жилья должны соответствовать разнообразным потребностям жителей и способствовать социальной интеграции. Для этого важно предоставлять

разнообразные по размерам, стилям и ценовым категориям варианты жилья, обеспечивая доступность для всех категорий населения.

Принцип "Governance" направлен на управление строительством с целью обеспечения его эффективности в соответствии с потребностями и задачами жителей района или города. В этом подходе используются методы управления и контроля, направленные на обеспечение прозрачности и эффективности работы. Различные решения включают предоставление налоговых льгот и грантов для стимулирования строительства, разработку стратегии развития местной экономики с учетом специфики района и вовлечение жителей в процесс планирования и принятия решений через совместное планирование и открытые дискуссии [8].

Совместное рассмотрение направлений "Social" и "Governance" предполагает следующие шаги: стандартизация процесса строительства с помощью каталогов типовых решений для упрощения выбора оптимальных вариантов ремонта и оптимизации затрат; размежевка территории для предоставления жителям права распоряжаться землей с использованием государственных средств при необходимости; создание онлайн платформы для диалога между жителями, властями и проектировщиками, чтобы учесть потребности разных групп людей и обеспечить включенность сообщества в процесс; стимулирование строительства через налоговые льготы, гранты и активное информирование о преимуществах проекта для жителей; мониторинг и оценка хода работ для контроля прогресса и эффективности проекта, что позволяет корректировать действия и достигать поставленных целей [8].

Предполагаемые эффекты применения принципов ESG включают в себя уменьшение выбросов углекислого газа на 55%, снижение энергопотребления на 69 %, фильтрацию до 30% дождевой воды с использованием местной "зеленой" инфраструктуры, повышение качества жилья, увеличение плотности населения на 25%, увеличение социальных связей благодаря привлечению новых жителей к совместному проектированию и управлению имуществом, а также рост интереса к строительству со стороны жителей других районов [3].

В заключение следует отметить, что внедрение принципов ESG в строительство может оказать значительное положительное воздействие на сокращение негативного воздействия на окружающую среду, улучшение социальной ответственности и эффективное управление проектами. Несмотря на некоторые вызовы, существующие при внедрении технологий ESG, она тем не менее способствует снижению стоимости проектов, заботе об экологии и социальном благополучии граждан, а также эффективному управлению всеми работами, связанными со строительством.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кичаев И.* КБ «Стрелка» представило проект реновации хрущёвок без сноса зданий // *wylsa.com*.—2022. — № 6. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <https://wylsa.com/kb-strelka-predstavilo-proekt-renovaczii-hrushhyovok-bez-snosa-zdanij/> (дата обращения 21.02.2024).
2. *Абрамычев Г.В., Паинин И.А., Шилов И.В., Юдина И.И.* Application of EGS technology in renovation of buildings // *СибАК*. - 2023. - №15 С. 1-15
3. *Ланидус, А. А.* повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / *А. А. Ланидус, А. О. Хубаев* // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2020. – № 5. – С. 18-26
4. *Бидов, Т. Х.* Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / *Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И. Магомедов* // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2020. – № 4. – С. 120-126.
5. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // *Перспективы науки*. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.
6. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2022. – № 12. – С. 385-390.
7. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // *Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года*. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.
8. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А.О. Хубаев* // *Научное обозрение*.—2017. – № 15.— С. 39-43.

*Студенты 2 курса 18 группы ИПГС Каньшин Н.М., Боровых А.Н.
Научный руководитель – директор НОЦ КТОС, канд. тех. наук, Т.Х.
Бидов*

ПРОБЛЕМЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

Проблема своевременного и качественного обследования здания, включая несущие конструкции, при капитальном ремонте жилых домов очень актуальна для нашей страны. Важнейшим показателем общего благополучия граждан является качество жилья, поэтому застройщики, возводя новые здания, используют самые новые технологии и материалы. Этим достигается продолжительность сроков эксплуатации здания и улучшение эстетических показателей, которые очень благоприятно действует на психическое и эмоциональное состояние населения. Но жилой фонд, при любых обстоятельствах, с каждым годом устаревает. Это происходит вследствие естественного износа материалов, природных условий, среды, окружающей здание, посредством эксплуатации и других причин. Также многочисленное количество недавно построенных жилых зданий и всех тех, которые будут построены в будущем, со временем, так или иначе, потребуют капитального ремонта [1-3]. Поэтому проведение должной диагностики, означающее установление и изучение признаков, характеризующих состояние строительных конструкций зданий и сооружений для определения возможных отклонений и предотвращения нарушений нормального режима их эксплуатации, а также грамотного и качественного обследования здания, включающее в себя комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров, характеризующих эксплуатационное состояние, пригодность и работоспособность объектов обследования и определяющих возможность их дальнейшей эксплуатации или необходимость восстановления и усиления, необходимо для успешной реализации программы капитального ремонта жилых домов, поэтому все больше авторов обращают свое внимание на эту проблему [4-5].

Уровень проблемы обследования здания при капитальном ремонте внушительный, он может повлечь за собой огромное количество проблем, связанных с эксплуатацией сооружения, его надежности, долговечности, которые напрямую влияют на общее благосостояние жителей, на их комфорт и спокойствие. Поэтому данную тему нельзя оставлять без внимания [6-8].

Существует несколько проблем, влияющих на проведение грамотной диагностики и обследования здания, такие как отсутствие должного финансирования, отсутствие корректной экспертизы и перепроверки проекта, а также отсутствие и невыполнение поверочного расчета,

который представляет собой расчет существующей конструкции по действующим нормам проектирования с введением в расчет полученных в результате обследования или по проектной и исполнительной документации геометрических параметров конструкции, фактической прочности строительных материалов, действующих нагрузок, уточненной расчетной схемы с учетом имеющихся дефектов и повреждений. Невыполнение поверочного расчета, отсутствие надлежащего финансирования, отсутствие экспертизы и перепроверки может привести к огромному количеству неблагоприятных последствий [9-13].

Например, по результатам обследования фасада здания (несущих конструкций) установили, что возникшие трещины на фасаде появились в результате износа самого фасада, не проводя при этом никаких инженерно - геологических изысканий, отсутствие которых могло быть, например, вследствие нехватки денежных средств. Далее производятся работы по ремонту фасада, на которые затрачиваются время и деньги, а в последствии выясняется, что все средства были потрачены впустую, потому что причина возникновения трещин была связана с осадкой грунта.

Таким образом большое количество денег и времени было затрачено напрасно, так как здание в течении нескольких лет становится аварийным и непригодным к эксплуатации. Избежать этого поможет обеспечение должного финансирования, проведение качественной экспертизы и перепроверки, а также проведение поверочных расчетов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кузьмина, Т. К.* Эффективность проведения капитального ремонта многоквартирных жилых домов (мкд) / *Т. К. Кузьмина, М. А. Абрегов, Р. А. Виткова* // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 7(85). – С. 24-29. – EDN HJIDGQ.
2. Выявление проблем, возникающих в ходе проведения капитального ремонта многоквартирных жилых домов в Краснодарском крае / *М. Г. Ковтуненко, С. П. Пастухов, Е. В. Радкевич, Д. И. Савчук* // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12, № 1. – С. 47. – EDN URTLUS.
3. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 385-390. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-12-385-391.
4. *Ланидус, А. А.* повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / *А.А. Ланидус, А.О. Хубаев* // Известия Тульского

- государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26
5. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.
6. *Бидов, Т. Х.* Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / *Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И. Магомедов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 120-126.
7. *Бидов, Т. Х.* Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / *Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254
8. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // Перспективы науки. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.
9. *Хубаев, А. О.* Описание эксперимента при расчете потенциала производства зимнего бетонирования / *А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 2. – С. 247-252.
10. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071. – DOI 10.1051/mateconf/201819604071.
11. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С.39-43.
12. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_100.
13. *Кустикова, Ю. О.* Определение усилий в панельных стенах с учетом изменения расчетной схемы здания в процессе его возведения / *Ю. О. Кустикова, Д. Д. Антониади* // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2020. – № 3(1027). – С. 50-52. – EDN DKHNJR.

ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ ОБЪЕКТОВ СРЕДНИХ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Комплексное обследования здания — это комплекс мероприятий по определению и оценке фактических значений контролируемых параметров грунтов основания, строительных конструкций, инженерного обеспечения (оборудования, трубопроводов, электрических сетей и другое), характеризующих работоспособность объекта обследования и определяющих возможность его дальнейшей эксплуатации, реконструкции или необходимость [1].

В наши дни проекты, направленные на создание объектов для удовлетворения базовых потребностей населения, получают повышенный приоритет. К таким объектам относятся: медицинские и образовательные учреждения, организации социального обеспечения и защиты; предприятия потребительского рынка (магазины, кафе, службы быта); культурные, развлекательные, спортивные объекты; иные жизненно необходимые здания и сооружения. Современные ученые активно исследуют успешность реализации строительных проектов на разных этапах существования здания [2]. Они детально рассматривают отдельные этапы производства, в том числе использование форм для бетона, что влияет на эффективность создания многоэтажных жилых домов. Применяются новые технологии, помогающие увеличить продуктивность строительства зданий из монолита в холодное время года путем улучшения методов бетонирования зимой.

Много исследований также направлено на изучение воздействия качества бетона на скорость строительства типового этажа жилого здания. В научных кругах активно совершенствуются методы контроля качества монолитных конструкций с помощью неразрушающих методов. Несмотря на то, что исследования рассматривают разные процессы, их объединяет общий подход - повышение эффективности строительного проекта путем улучшения соответствующего процесса производства.

Важным аспектом является системный подход, который способствует повышению результативности решения задач в строительной сфере. Это относится не только к строительным и монтажным работам, но и к этапам исследований и проектирования [3-4].

Все исходные материалы по объекту, включая проектные материалы, ранее выполненные обследования и результаты инженерно-геологических изысканий, анализируются вначале. Затем проводится

предварительное обследование, включающее визуальную проверку конструкций, выявление и фиксацию дефектов, определение аварийных участков и схему отбора проб для инструментального обследования. Далее следует инструментальная и лабораторная проверка, замеры параметров конструкций и лабораторные испытания, определение состояния несущих конструкций с помощью шурфов, отбора проб грунта и определения его свойств. После этого проводятся обработка результатов и составление обмерных чертежей.

Ускоренный износ и разрушение зданий, конструкций и инженерных коммуникаций вследствие ненадлежащей эксплуатации и несвоевременного реагирования на возникшие проблемы (дефекты) могут привести к самым разнообразным последствиям, варьирующимся от не критичных (эстетических, затрудняющих эксплуатацию) до критичных (от выхода из строя систем коммуникаций до разрушения всего здания). Любые из этих последствий влекут за собой финансовые затраты на их устранение, и чем хуже была организована работа службы эксплуатации, тем больше средств придется вложить для исправления ситуации [5].

Цель обследования детского образовательного учреждения – получение актуальной информации о состоянии сооружения, его отдельных конструкций и помещений, а также контроль соблюдения правил техобслуживания школьного здания, оценка его соответствия СП 251.1325800.2016.

Плановое обследование необходимо:

- весной после окончания учебного года – для определения перечня строительных работ, которые нужно выполнить в период летних каникул;
- осенью перед или сразу после начала учебного года – для определения соответствия школьного здания действующим нормам.

Внеплановые обследования проводятся при обнаружении дефектов и повреждений конструкций, после стихийных бедствий, при наличии протечек, нарушениях показателей микроклимата (в школе холодно, на стенах плесень, сырые стены, снижение освещенности, вентиляции и пр.) [6-7].

Экспертиза школьного здания начинается с анализа технической документации и продолжается визуальным осмотром самого здания внутри и снаружи. Далее проводятся инструментальные исследования, включающие в себя геодезические измерения, проверку звукоизоляции, освещенности, влажности и температурного режима. На всех этапах эксперты тщательно изучают и анализируют полученную информацию, составляют техническое заключение и проверяют его соответствие действующим строительным нормам и правилам. По результатам работы специалист составляет технический отчет, в котором указывает все

обнаруженные нарушения и несоответствия с нормативами, оценивает пригодность здания школы для эксплуатации. Отчёт также содержит рекомендации по устранению нарушений. Отчёт может стать основанием для разработки проекта ремонта, реконструкции или обновления школы. Отчёт включает описание объекта исследования (адрес, площадь, этажность, год постройки и т. д.), анализ документации, обследование технического состояния здания, выявление нарушений и несоответствий, оценку пригодности здания для эксплуатации, рекомендации по устранению нарушений и улучшению характеристик здания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев* [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 385-390.
2. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037.
3. *Бидов Т.Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25.
4. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.
5. *Бидов, Т. Х.* Разработка организационно-технологической модели потенциала устройства временного крепления стенок выемок при производстве работ нулевого цикла / *Т. Х. Бидов, Р. Т. Аветисян* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 427-431
6. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение.–2017.–№ 15. – С. 39-43.
7. *Бидов, Т. Х.* Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466-471. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471.

ОСОБЕННОСТИ РЕСТАВРАЦИИ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Памятниками истории и культуры (объектами культурного наследия) являются сооружения, памятные места и предметы, связанные с историческими событиями в жизни народа, развитием общества и государства, произведения материального и духовного творчества, представляющие историческую, научную, художественную или иную ценность [1].

Реставрация объектов культурного наследия является важным аспектом сохранения исторических памятников для будущих поколений. Однако, проведение реставрационных работ представляет собой особую сложность, требующую специального подхода и технических решений. В статье мы рассмотрим особенности реставрации в стесненных условиях.

Главные особенности, на которые необходимо обращать внимание при реставрации объектов культурного наследия в стесненных условиях:

1. Ограниченное пространство для проведения реставрационных работ. В городских условиях часто бывает сложно разместить строительные леса, подъемные краны и другое оборудование, необходимое для работы на высоте или в труднодоступных местах. Это требует разработки инновационных методов и технологий для проведения работ без ущерба для окружающей среды и безопасности специалистов [2-3].

2. Сроки производства работ. Они могут значительно варьироваться в зависимости от различных факторов, таких как размер объекта, его состояние, сложность работ, доступность ресурсов, бюджет и другие обстоятельства. Обычно процесс реставрации занимает от нескольких месяцев до нескольких лет.

3. Оценка зоны влияния реставрации. Данная особенность является важным этапом процесса реставрации и включает в себя определение области, которая может быть затронута в процессе работ.

4. Логистика. Эффективная логистика в стесненных условиях требует тщательного планирования, организации и координации всех этапов проекта, чтобы обеспечить успешное выполнение работ и сохранность ценных исторических артефактов.

5. Возможность размещения на строительной площадке открытых и закрытых складских помещений. Рациональное размещение открытых и

закрытых складских помещений на строительной площадке при реставрации объектов культурного наследия в стесненных условиях требуется для обеспечения эффективного использования пространства и сохранности материалов и оборудования.

6. Качество проектной документации. Оно имеет особое значение, поскольку это является основой для успешной реализации проекта.

7. Природно-климатические условия. Необходимо учитывать время года, влажность и осадки, температурные изменения, воздействие солнечных лучей, ветровую нагрузку, геологические особенности местности, на которой проводятся работы, чтобы принять соответствующие меры для обеспечения успешной и качественной реставрации [4-9].

Методы преодоления:

1. Использование инновационных технологий. Можно использовать передовые технологии, такие как роботизированные системы, 3D-моделирование и дроны. Это позволяет улучшить доступ к объекту и повысить эффективность работ.

2. Сотрудничество с различными специалистами. При реставрации в стесненных условиях важно обеспечить сотрудничество различных специалистов, таких как архитекторы, инженеры, консерваторы и строители. Необходима хорошая координация и командная работа, чтобы каждый член команды выполнял свою задачу эффективно и без помех.

3. Тщательное планирование работ. Необходимо разработать детальный план действий, учитывающий все особенности объекта и окружающей среды. Это поможет избежать непредвиденных ситуаций и обеспечить безопасность работников.

Таким образом, реставрация объектов культурного наследия в стесненных условиях представляет собой сложный и ответственный процесс, требующий комплексного подхода и высокой квалификации специалистов. Важно учитывать все особенности и условия работы, чтобы обеспечить сохранность и качество восстановления ценных исторических и культурных объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

6. Сыч Е.Р., Захарчук М.Г. Особенности применения строительных норм и правил при реставрации объекта культурного наследия // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019, Т. 9. №2. С. 439.

7. Реставрация культурных объектов. [Информационный ресурс]: asninfo.ru. – 2024. URL: <https://asninfo.ru/techmats/491-restavratsiya-kulturnykh-obyektov>.

8. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037. – DOI 10.1051/e3sconf/20199706037.

9. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_86.

10. *Бидов, Т. Х.* Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / *Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И. Магомедов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 120-126.

11. *Николенко, Д. М.* Повышение эффективности организации работ по комплексному обследованию зданий и сооружений с применением современных технологий робототехники / *Д. М. Николенко* // Дни студенческой науки : Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры (ИСА) НИУ МГСУ, Москва, 28 февраля – 04 2022 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2022. – С. 815-817. – EDN JOLNNF.

12. *Бидов, Т. Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25. – DOI 10.15593/2224-9826/2021.2.02.

13. Анализ стоимости выполненных работ по капитальному ремонту общего имущества в многоквартирных жилых домах в субъектах Российской Федерации / *А. А. Лapidus, Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, Д. М. Николенко* // Строительное производство. – 2023. – № 2. – С. 3-7. – DOI 10.54950/26585340202323.

14. *Бидов, Т. Х.* Технологические решения по отделочным работам мест общего пользования при строительстве жилых многоэтажных зданий в городе Москве / *Т. Х. Бидов, А. О. Желтая* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 2. – С. 529-534.

Студентка 3 курса 18 группы ИПГС Гаврилова А.Г.

Научный руководитель – директор НОЦ КТОС, канд. тех. наук, Т.Х.

Бидов

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ В РОССИИ

Современное строительство в России претерпевает значительные трансформации под воздействием быстрого технического прогресса и изменяющихся социально-экономических условий. Одним из ключевых аспектов, обуславливающих эффективность и безопасность строительных проектов, является система нормирования [1-3].

Научная статья направлена на исследование особенностей технического развития нормирования в строительстве России. Анализ эволюции нормативных документов, методов проектирования и стандартов в сфере строительства позволит выявить тенденции, вызванные влиянием новых технологий, изменяющихся нормативных требований, а также стремления к повышению уровня безопасности и экологической устойчивости строительных проектов.

В данном контексте представляется важным рассмотреть, какие изменения произошли в системе нормирования в строительстве России за последние годы, а также какие вызовы и возможности возникают в связи с внедрением новых технологий и изменением стратегий развития отрасли [4-5].

Научная статья направлена на выявление технологических тенденций, которые оказывают влияние на нормативную базу строительства, с целью формирования рекомендаций по оптимизации нормативных процессов в строительной сфере и повышению ее конкурентоспособности в условиях современного технологического развития.

Особенности технического развития нормирования в строительстве России отражают сдвиги в подходах к стандартизации и регулированию в строительной отрасли. Одним из значительных этапов этого развития был переход от Единых норм и расценок (ЕНИР) к Государственные элементные сметные нормы (ГЭСН).

Система ЕНИР была введена в Советском Союзе и широко использовалась в строительстве вплоть до начала 2000-х годов. С изменением политической, экономической и технической обстановки в стране стала актуальной необходимость в обновлении и совершенствовании нормативной базы [6].

В 2014 году в России произошел переход от ЕНИР к ГЭСН. Это был ответ на вызовы современного строительного рынка, интеграцию с мировыми стандартами и потребность в более гибкой и обновляемой системе нормативов. Сравнение Единых норм и расценок (ЕНИР) и

Государственные элементные сметные нормы (ГЭСН) выявляет ключевые различия между этими двумя системами нормативов. Единые нормы и расценки (ЕНИР):

- введены в Советском Союзе и широко использовались в строительстве вплоть до начала 2000-х годов;
- ЕНИР представляли собой централизованный набор норм и правил, разработанный и контролируемый центральными органами власти;
- система была характеризована статичностью и недостаточной гибкостью для учета современных технологических и организационных изменений в строительстве [7];
- ЕНИР не всегда соответствовали международным строительным стандартам, что затрудняло взаимодействие с зарубежными партнерами.

Государственные элементные сметные нормы (ГЭСН):

- заменили ЕНИР и были введены в 2014 году в рамках стратегии модернизации российской строительной отрасли;
- ГЭСН представляют собой более децентрализованный подход, с большей ролью региональных и отраслевых органов в их разработке и согласовании;
- нормативы стали более гибкими и поддавались обновлениям, что позволяло лучше учитывать изменения в строительной технологии и законодательстве [9];
- введение ГЭСН направлено на улучшение согласованности с мировыми стандартами, что способствует интеграции российской строительной отрасли в мировое сообщество.

Общие черты:

- как ЕНИР, так и ГЭСН служат основой для регулирования строительной деятельности, обеспечивая стандарты безопасности, качества и эффективности [9];
- обе системы направлены на создание условий для развития строительной отрасли и обеспечения стабильности в строительстве.

Переход от ЕНИР к ГЭСН отражает стремление к более гибкой, современной и конкурентоспособной системе нормирования, способной эффективно реагировать на вызовы современного строительного рынка и интегрироваться в мировые стандарты.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Modern Russian high-tech construction materials and their application in domestic construction industry (on example of metal-ceramic panels Hardwall) / A. Khubaev, T. Bidov, A. Bzhienikov, V. Nesterova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol.

365, 3. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 032005. – DOI 10.1088/1757-899X/365/3/032005.

2. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033. – DOI 10.1088/1757-899X/869/7/072033.

3. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 385-390. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-12-385-391.

4. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.

5. *Бидов, Т. Х.* Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / *Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И. Магомедов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 120-126.

6. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // Перспективы науки. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.

7. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение.–2017.–№ 15.– С.39-43.

8. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071. – DOI 10.1051/mateconf/201819604071.

9. Исследование градуировочных зависимостей, используемых при контроле прочности бетона неразрушающими методами / *А. А. Гончаров, Т. Х. Бидов, Г. Е. Трескина, Ю. Л. Беккер* // Научное обозрение. – 2015. – № 12. – С. 68-72.

Студент 3 курса 15 группы ИПГС Горбатенко Д.А.

Научный руководитель – преп. каф. ТОСП З.Х. Чипова

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Цифровизация — это неотъемлемый процесс современной эпохи, который затрагивает все сферы человеческой деятельности, включая строительство. В контексте строительства и его организацией цифровизация становится своего рода катализатором для изменений, требующих новых подходов к организационно-технологическим решениям. Эффективное проектирование таких решений в условиях цифровизации требует основательного научного подхода.

Современные цифровые технологии, такие как информационное моделирование зданий (ТИМ), виртуальная реальность и дроны, трансформируют способы, которыми проектируются и строятся здания. ТИМ, например, позволяет создавать виртуальные трехмерные модели строительных объектов, что существенно упрощает проектирование, координацию и управление строительными проектами. В эпоху цифровизации способы контроля и организации строительства постоянно меняются, поэтому многие компании работают на разработку новых или поиск готовых решений для администрирования как процесса проектирования, так и самого строительства. Исследования в области информационных технологий, автоматизации производства, управления данными, разработки строительных материалов, машин и других смежных областей позволяют выявить наиболее перспективные решения для конкретной организации.

Говоря о трёхмерных моделях, важно объяснить, на сколько данная технология облегчает многие этапы жизни здания. Например: Проектировщики на стадии проекта создают 3-мерную модель, в которая даёт понимание заказчику, экспертизе, смежным разделам, руководству компании о готовности проекта. В свою очередь, проект проходя стадию рабочей документации выполняется несколько быстрее. На стадии возведения прорабы, начальники участка могут указывать процесс выполнения задач, участки, захватки, на которые стоит обратить внимание или по поводу которых необходимо вызвать авторский надзор. Таким образом, почти все участники строительства могут отслеживать стадии проекта, акцентировать внимание, или принимать актуальные решения для данного промежутка времени [1-4].

Проектирование организационно-технологических решений должно тесно соответствовать потребностям как подрядной, ген. подрядной организации и ген. проектировщика. Научный подход в этом случае заключается в анализе строительных процессов, выявлении узких мест и потенциальных областей оптимизации. Применение научных методов

анализа данных и моделирования позволяет строительным компаниям анализировать большие объемы информации о проектах, прогнозировать затраты и сроки выполнения работ, а также оценивать риски. Это помогает сократить издержки и улучшить планирование строительных проектов ещё на стадии проектирования. Использование алгоритмов оптимизации позволяет оптимизировать распределение ресурсов, управлять рабочей силой и минимизировать временные и материальные потери [5-6].

С учетом растущего внимания к экологической устойчивости, научные исследования в области строительства сосредотачиваются на разработке методов и технологий, способствующих уменьшению воздействия на окружающую среду. Один из ключевых аспектов учета экологических аспектов в строительстве — это выбор материалов, которые имеют минимальное воздействие на окружающую среду [7]. Это может включать в себя использование перерабатываемых материалов, материалов с низким содержанием токсичных веществ и материалов, получаемых из возобновляемых источников. Учет экологических аспектов также означает минимизацию отходов и загрязнений, связанных с строительством. Это может быть достигнуто путем рационального использования ресурсов, повторного использования материалов и применения технологий управления отходами. В некоторых случаях строительство может привести к потере или нарушению местных экосистем и биоразнообразия. Поэтому важно учитывать эти аспекты при проектировании и строительстве, применяя методы для сохранения и восстановления местных экосистем.

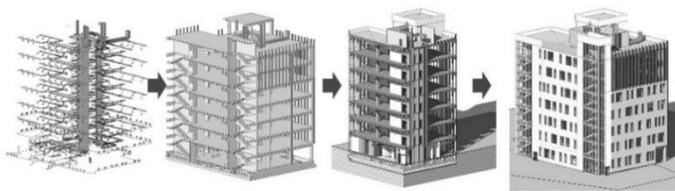


Рис. 1. Проект здания в формате трёхмерной модели.

Проектирование организационно-технологических решений в условиях цифровизации — это сложный и многогранный процесс, требующий глубоких знаний в области информационных технологий, управления процессами, строительных технологий производства и методов оптимизации. Научный подход к проектированию позволяет использовать современные технологии для повышения эффективности и улучшения качества строительства. Быстро меняющиеся технологические тренды предъявляют вызовы к строительной отрасли.

Однако, благодаря научному подходу, компании могут быстро адаптироваться к новым условиям, интегрировать новые цифровые технологии и сохранять конкурентоспособность на рынке. Применение новых методов и технологий играет ключевую роль в этом процессе, обеспечивая компаниям необходимые инструменты для успешной адаптации к переменам и достижения высоких результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037.

2. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071.

3. *Бидов Т.Х.* Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / *Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И. Магомедов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 120-126.

4. *Ланидус, А. А.* Формирование производственно-технологических модулей, обосновывающих использование методов неразрушающего контроля при возведении монолитных конструкций гражданских зданий / *А. А. Ланидус, Т. Х. Бидов* // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 1(91). – С. 36-39.

5. *Бидов, Т. Х.* Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / *Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254.

6. Система контроля качества монолитных конструкций неразрушающими методами при организации строительства жилых зданий / *А. А. Ланидус, Д. В. Тончий, Т. Х. Бидов, И. М. Чахкиев.* – Москва : Издательство АСВ, 2022. – 110 с. – (Управление жизненным циклом объектов строительства). – ISBN 785432304179.

7. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение.–2017.–№ 15. – С. 39-43.

*Студенты 3 курса 2 группы ИПГС Грачев И. А., Казаков С. С.
Научный руководитель – доц. каф. ТОСП, канд. техн. наук, доц. Т. К.
Кузьмина*

ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

В современном мире вопрос энергоэффективности зданий и сооружений является крайне важным и решается благодаря применению высокоэффективных теплоизоляционных систем, рынок которых постоянно пополняется новыми видами материалов и технологиями монтажа. Традиционная система теплозащиты в виде вентилируемого фасада содержит в своей конструкции воздушный зазор [1]. Современные теплоизоляционные системы берут за основу эту идею, но видоизменяют ее с учетом специальных требований современных зданий. Одной из таких фасадных теплозащитных систем является «Техлон», в основе которого лежат пневматические мембраны-подушки, монтируемые в алюминиевые профили и поддерживаемые легкой несущей конструкцией. Подушки изготавливаются из нескольких слоев этилен-тетра-фтор-этилена (ETFE). Примечательно, что данный материал первоначально разрабатывался для работы в космической промышленности, поскольку на него не оказывают воздействия ультрафиолетовые лучи и атмосферные осадки. Внутри данной многослойной структуры закачивают воздух, который выполняет теплоизоляционную функцию. Отличительными преимуществами этой системы являются: легкость, которая обеспечивает безопасность и экономию на фундаменте и несущих конструкциях; высокая светопрозрачность, позволяющая сэкономить на освещении здания; самоочистка; устойчивость к атмосферным воздействиям [2-5]. При подготовке к монтажу перед строителями стоит задача правильно расположить и надежно прикрепить к балкам алюминиевые подставки под профили в местах предполагаемой установки системы. Далее происходит установка подставки под профиль, на которую в дальнейшем будет монтироваться вся система. После этого монтируют термопрокладку, после чего устанавливают алюминиевый профиль, к которому крепят основной ограждающий элемент, состоящий из 3 ETFE-мембран и 2 воздушных камер. Также поверх профиля устанавливают защиту от птиц, после чего монтаж можно считать практически законченным. На последнем этапе необходимо закачать воздух в воздушные камеры через специальный клапан. После этого система считается полностью готовой к эксплуатации [6-7].

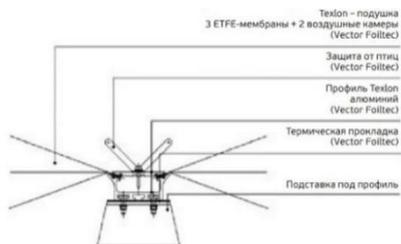


Рис.1. Узел крепления системы «Texlon»

Существуют случаи, когда необходимо дополнительно утеплить уже существующие конструкции, в которых полноценный монтаж традиционного плитного утеплителя невозможен. В таких ситуациях стоит использовать современный красочный утеплитель, в качестве которого может выступать отечественный материал «Изоллат». Его главным преимуществом является низкая теплопроводность, которая приблизительно в 10 раз ниже, чем у минеральной ваты, а также экологичность и широкий диапазон рабочей температуры – от -60°C до $+700^{\circ}\text{C}$. Уникальность его монтажа состоит в том, что технология нанесения данного материала схожа с нанесением обычной краски. Его применяют в качестве финишного покрытия, а также для устранения точечных промерзаний и «мостиков холода» [8-10].

Зачастую диапазона рабочей температуры «Изоллата» или других теплоизоляционных материалов недостаточно, тогда мы прибегаем к использованию альтернативного современного материала – аэрогеля, который представляет из себя вещество, в котором жидкость была заменена газом при сохранении первоначального объема. Особенности этого материала является еще более широкий диапазон рабочей температуры – от -250°C до $+1250^{\circ}\text{C}$, что позволяет использовать его для изоляции коммуникаций, работающих в экстремальных температурных режимах. Спецификой монтажа данного материала является возможность разрезания на отдельные куски, а также эластичность, что позволяет использовать его на криволинейных конструкциях. При монтаже материал зачастую разрезают для более плотного соприкосновения с конструкцией и фиксируют на приварные или самоклеящиеся иглы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ватин Н.И., Горшков А.С., Немова Д.В.* Энергоэффективность ограждающих конструкций при капитальном ремонте // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 3 (8). С. 1-11.
2. *Бидов Т. Х.* Технологические решения по отделочным работам мест общего пользования при строительстве жилых многоэтажных зданий в городе Москве / *Т. Х. Бидов, А. О. Желтая* // Известия Тульского

государственного университета. Технические науки.–2021 –№ 2.–С. 529-534.

3. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071.

4. *Бидов, Т. Х.* Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / *Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254.

5. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.

6. *Ланидус, А. А.* повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / *А. А. Ланидус, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020.– № 5. – С. 18-26

7. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.

8. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105.

9. *Fatullaev, R. S.* The Method of Mutual Use of the Labour Intensity of Finishing Works of Different Countries / *R. S. Fatullaev, T. Kh. Bidov* // Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles : Conference proceedings, St.Petersburg, 08–10 февраля 2022 года. Vol. 510-2. – Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2023. – P. 1231-1239. – DOI 10.1007/978-3-031-11051-1_125.

10. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90.

Студентка 3 курса 3 группы ИПГС Потапенко С.М.,

Студентка 4 курса 4 группы ИПГС Гришина А.П.

Научный руководитель – директор НОЦ КТОС, канд. техн. наук Т.Х. Бидов

КОМПЛЕКСНОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ КАК БУДУЩЕЕ РОССИЙСКОГО ДОМОСТРОЕНИЯ

Научно говоря, возможно объяснить, что небольшие города и мегаполисы различаются по многим факторам, особенно в отношении доступности необходимых ресурсов.

Современная градостроительная концепция предлагает новый подход - создание многочисленных мини-городов внутри большого мегаполиса. Суть концепции заключается в распределении функций городских территорий на отдельные блоки, каждый из которых представляет собой своеобразный мини-город, обладающий основными удобствами и инфраструктурой. Такая концепция предполагает обеспечение своих жителей всем необходимым для комфортной жизни, включая жилые зоны, торговые центры, образовательные и медицинские учреждения, развлекательные объекты, зеленые зоны и другие удобства.

При таком подходе, жители мегаполиса могут наслаждаться преимуществами обоих типов городов: доступностью всех необходимых объектов в непосредственной близости от дома, а также возможностью пользоваться инфраструктурой и услугами более крупного мегаполиса [1].

Комплексное развитие территорий – это два взаимосвязанных направления:

- Снос и реконструкция не отвечающих современным требованиям аварийных, ветхих, морально устаревших объектов капитального строительства, в том числе многоквартирных домов и объектов инфраструктуры.
- Строительство новых объектов, в том числе МКД, объектов коммунальной, социальной, транспортной инфраструктуры, и благоустройство территории по единому проекту.

В КРТ участвуют органы власти, принимающие решение о создании такой территории, инвесторы, заключающие договоры на проведение работ по проекту КРТ и правообладатели недвижимости, которая попала в границы территории, в том числе собственники помещений в МКД и даже наниматели жилья по договорам соцнайма.

Согласно Градостроительному кодексу Российской Федерации (в дальнейшем ГК РФ), выделяют следующие цели комплексного развития территории [2]:

1) обеспечение сбалансированного и устойчивого развития поселений путем повышения качества городской среды и улучшения внешнего облика, архитектурно-стилистических и иных характеристик объектов капитального строительства;

2) обеспечение достижения показателей, в сфере жилищного строительства и улучшения жилищных условий граждан;

3) создание необходимых условий для развития транспортной, социальной, инженерной инфраструктур, благоустройства территорий поселений;

4) повышение эффективности использования территорий поселений, в том числе формирование комфортной городской среды, создание мест обслуживания и мест приложения труда;

5) создание условий для привлечения внебюджетных источников финансирования обновления застроенных территорий.

В механизме реализации концепции комплексного развития территории присутствует масса недоработок, оказывающих негативное воздействие на техническую, социальную и финансовую составляющие.

Для более полного и четкого контроля ситуации необходимо разработать документ, который бы содержал в себе требования к регулированию процесса проектирования и возведения здания в условиях КРТ.

Юридическая составляющая данного вопроса становится предметом особого внимания среди специалистов [3,4]. Они уделяют особое внимание следующим пунктам: Правовая защита интеллектуальной собственности; Соблюдение законодательства; Контрактные отношения; Соблюдение норм безопасности и конфиденциальности; Учет требований законодательства о защите окружающей среды.

Однако стоит отметить, что не менее важным аспектом является последовательность действий. В настоящее время отсутствует четко выявленная последовательность действий (возведения тех или иных объектов). Более того, сформированной нормативной-правовой документации в сфере КРТ нет.

Все основывается лишь на Технических политиках, которых тоже не так много, а также на различных постановлениях [5,6].

Анализ показал отсутствие единых подходов в регионах по разработке технических решений в сфере КРТ. Для наилучшего результата следует разработать документ, имеющий схожую структуру технической политики для процесса при КРТ.

Использование данной методики позволит:

1. Структурировать весь процесс

2. Соблюдение законодательства

3. Конфиденциальность и регулирование норм безопасности

4. Защита интересов сторон благодаря контрактным соглашениям

Путем тщательного анализа исходно-разрешительной документации и применения нейронных сетей, мы сможем.

Комплексное развитие территорий имеет целью создание благоприятных условий для разностороннего развития социоэкономической инфраструктуры, улучшения качества жизни и обеспечения устойчивого развития населения. Комплексное развитие территорий также способствует решению проблем социальной напряженности, борьбе с бедностью и безработицей, сокращению территориальных различий и улучшению условий жизни граждан.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ланидус, А. А.* повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / *А. А. Ланидус, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26
2. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // Перспективы науки. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.
3. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.
4. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 385-390. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-12-385-391.
5. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_100.
6. *Хубаев, А. О.* Мировая практика в области модульного строительства / *А. О. Хубаев, С. С. Саакян, Н. В. Макаев* // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 99-108.

СОВРЕМЕННЫЕ ОПАЛУБОЧНЫЕ СИСТЕМЫ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

Изменения в строительной отрасли России, произошедшие за последние десятилетия, обусловлены необходимостью возведения разнообразных объектов с уникальными архитектурными и конструктивными решениями. В связи с этим снизилось использование сборного железобетона, а новые технологии монолитного строительства широко внедряются во всех регионах страны [1].

Эффективность выполнения монолитного строительства в значительной степени зависит от того, насколько совершенствуются опалубочные системы. В современных условиях развития монолитного домостроения эти системы играют важную роль как в техническом сопровождении, так и в предоставлении программного обеспечения. Опалубочные системы представляют собой сложные конструкции, состоящие из формообразующих, поддерживающих, соединительных, технологических и других элементов. В общем, можно сказать, что современные опалубочные системы значительно повышают технологичность современного строительства [2-3].

Современные опалубочные системы характеризуются следующими конструктивными особенностями: разборно-переставная, подъемно-переставная, скользящая, блок-форма, катящая, несъемная (опалубка-оболочка) и др. Накопленный международный опыт застройки современных городов-миллионников свидетельствует о том, что самые уникальные здания и сооружения возводились с помощью вертикально поднимающихся и катящихся опалубок, поэтому более подробно остановимся на некоторых из них [4].

Скользящая опалубка. Скользящую опалубку применяют для возведения монолитных высотных сооружений, ядер жесткости, жилых и общественных зданий с компактным периметром, постоянным и переменным сечением сооружения по высоте. Использование скользящей опалубки позволяет осуществлять одновременно большое количество операций (которые при других методах монолитного строительства осуществляются последовательно), что приводит к значительному сокращению сроков строительства. За счет четкого шага технологического потока, что обусловлено технологией бетонирования в скользящих опалубках, обеспечивается непрерывность производства работ и устраняются простои [5-6].

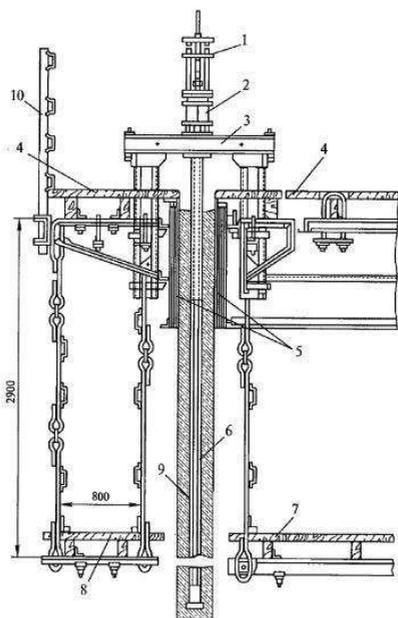


Рис. 1. Конструкция скользящей опалубки:

- 1 — регулятор горизонтальности; 2 — гидравлический домкрат;
- 3 — домкратная рама; 4 — рабочий настил; 5 — щиты опалубки;
- 6 — домкратный стержень; 7 — подвесные подмости внутренние;
- 8 — подвесные подмости наружные; 9 — металлическая труба;
- 10 — наружное ограждение

Для возведения вертикальных элементов зданий наиболее часто применяли следующие опалубочные системы и оборудования: модульная, балочно-ригельная и тоннельная.

В нашей стране наиболее распространены 1 и 2 тип, в отличие от тоннельной опалубки, тем не менее, во всем мире эта система зарекомендовала себя как одна из самых перспективных для жилищного строительства многоэтажных многоквартирных зданий, обеспечивая высокий темп и качество работы, в том числе для районов с высокой сейсмической активностью [7-8].

Тоннельная опалубка представляет собой систему, позволяющую одновременно производить заливку и стен и перекрытий. Тоннельные опалубки турецкого производства MESA IMALAT системы KR на сегодняшний день, пожалуй, самая инновационная система тоннельной опалубки. Объединяет в себе следующие преимущества: она легче и поэтому не требует значительных начальных инвестиций, о ее возможно

приспособить под любой проект за счет доборных вставок, как на вертикальные, так и на горизонтальные элементы. Более толстая палуба (стальной лист $t = 4$ мм), уменьшено количество лонжеронов (горизонтальных ребер жесткости), что приводит к уменьшению количества тяжей, уменьшена масса панелей. Также упрощена технология сборки и повышено удобство работы с системой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Антилов С. М.* Опалубочные системы для монолитного строительства : учебное издание. — М. : Изд-во АСВ, 2005. — 280 с
2. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071.
3. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.
4. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 385-390. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-12-385-391.
5. *Бидов, Т. Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25. – DOI 10.15593/2224-9826/2021.2.02.
6. *Бидов, Т. Х.* Разработка организационно-технологической модели потенциала устройства временного крепления стенок выемок при производстве работ нулевого цикла / *Т. Х. Бидов, Р. Т. Аветисян* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 427-431.
7. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С. 39-43.
8. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_100.

ОСОБЕННОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

Строительство жилых зданий в условиях Арктики представляет собой сложную и уникальную задачу, требующую специфических подходов для повышения производительности труда. Для решения вопросов строительства на мерзлоте была создана целая научная отрасль - инженерная геокриология. Причем Россия более полувека является лидером в этой области. Современные ученые подтверждают, что технологии строительства на вечномёрзлых грунтах отработаны хорошо. Однако все еще остается научно актуальным вопрос повышения эффективности процессов строительства и проектирования зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты. Экстремальные климатические условия, отсутствие инфраструктуры и особенности территории создают значительные вызовы для строительных проектов в регионе. В данном исследовании рассматриваются основные аспекты, влияющие на производительность труда при строительстве жилых объектов в Арктике, а также предлагаются рекомендации по ее повышению на основе современных технологий [1-4].

Климатические условия в Арктике являются основным фактором, влияющим на производительность труда при строительстве. Низкие температуры, сильные ветра и короткие световые дни создают дополнительные трудности при производстве работ. Исследования показывают, что производительность строительных бригад снижается в холодных условиях из-за увеличения времени на подготовку оборудования, ограниченной доступности к материалам и необходимости увеличенного числа перерывов для обогрева [5].

Одним из способов справиться с этими вызовами является использование специализированного оборудования, предназначенного для работы в экстремальных условиях. Такие машины и инструменты обеспечивают более эффективную работу при низких температурах. Примером может служить применение обогреваемых строительных тентов и специальных машин, разработанных для строительства в отрицательном температурном режиме, что позволяет сократить время работ [6].

Еще одним важным аспектом, влияющим на производительность труда при строительстве в Арктике, является обеспечение здоровья и безопасности работников. Экстремальные условия могут привести к различным заболеваниям, таким как обморожение и гипотермия, а также

увеличивают риск производственных травм. Использование специальной одежды, обуви и экипировки, а также регулярные медицинские осмотры, направлены на минимизацию этих рисков и повышение общего благосостояния рабочей силы [7].

Отсутствие развитой инфраструктуры в Арктике также оказывает значительное влияние на производительность труда при строительстве. Ограниченный доступ к материалам, трудности в доставке оборудования и недостаточно развитая логистика в регионе создают задержки и увеличивают затраты [8-9].

Для преодоления этих проблем необходимо предусмотреть детальное планирование логистики и складирования материалов. Применение современных технологий в управлении цепочкой поставок, таких как системы отслеживания грузов и автоматизированные складские системы, могут существенно снизить время доставки и улучшить общую производительность проекта. Также и материалы, используемые для строительства, стоит выбирать более тщательно. В данный момент появляется все больше инновационных технологий и материалов, использование которых может существенно снизить время производства работ. Примером таких технологий может служить использование при строительстве гибких сэндвич - панелей, которые позволяют собрать здание как детский конструктор или использование новых теплоизоляционных материалов, в основе которых лежит специальный пенополиуретан и другие добавки. С помощью этого нового материала замкнутый тепловой контур может быть создан в жилом помещении, доме или надстройке всего за несколько дней. Новая теплоизоляция производится путем последовательного напыления слоев, процесса, аналогичного технологии 3D-печати.

Также большую роль в увеличении производительности труда при строительстве в условиях Арктики играет внедрение современных технологий. Использование строительных информационных моделей (BIM) позволяет более эффективно планировать и координировать работы на стройплощадке. Электронные системы мониторинга производительности труда рабочих и оборудования обеспечивают более точный контроль и позволяют оперативно реагировать на изменения в работе.

Эффективное использование специализированного оборудования, оптимизированная логистика и внедрение современных технологий играют важную роль в достижении целей по повышению производительности труда в этом уникальном регионе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Modern Russian high-tech construction materials and their application in domestic construction industry (on example of metal-ceramic

panels Hardwall) / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Bzhienikov, V. Nesterova* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol. 365, 3. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 032005. – DOI 10.1088/1757-899X/365/3/032005.

2. *Бидов, Т. Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25. – DOI 10.15593/2224-9826/2021.2.02.

3. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071. – DOI 10.1051/mateconf/201819604071.

4. *Хубаев, А. О.* Мировая практика в области модульного строительства / *А. О. Хубаев, С. С. Саакян, Н. В. Макаев* // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 99-108. – DOI 10.15593/2224-9826/2020.2.09.

5. *Бидов, Т. Х.* Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466-471. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471.

6. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С. 39-43.

7. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_100.

8. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 385-390. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-12-385-391.

9. *Антониади, В. Д.* Пространственно-технологическая структура отдельных технологических процессов при ремонте фасада и кровли / *В. Д. Антониади, Д. Д. Антониади* // Строительство и архитектура. – 2023. – Т. 11, № 1. – С. 2.

*Студентка 3 курса 2 группы ИПГС Ермакова В.С.
Научный руководитель – ведущий научный сотрудник НОЦ КТОС,
канд. техн. наук А.О. Хубаев*

ОСОБЕННОСТИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ СОЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

Большая часть территории России находится на Крайнем Севере или за полярным кругом. Эту область, занимающую почти две трети площади Российской Федерации, традиционно считают кладовыми России, ее топливно-энергетической базой. Именно в этой зоне расположена большая часть комбинатов, шахт и карьеров страны. Исходя из этого, еще с давних времен в северных регионах обустраивают города вокруг того или иного предприятия. Как и в каждом населенном пункте, в этих городах находятся не только заводы и иные производственные сооружения, но и школы, детские сады, культурные центры, спортзалы и подобные здания, обеспечивающие комфортную городскую среду для жителей региона. Такие здания называются социальными объектами и нуждаются в осуществлении строительного контроля не меньше, чем промышленные сооружения, ведь они также напрямую связаны с жизнедеятельностью людей. Строительство социальных объектов в Арктике представляет собой особую задачу, требующую высокой технической компетентности. В условиях экстремального климата, удаленности от центральной части страны, а иногда и от любых других городов, и особенностей строительства в данном регионе, строительный контроль становится важным элементом обеспечения качества и безопасности проектов. [1-4].

Одним из основных аспектов, влияющих на строительный контроль в Арктике, являются климатические условия. Низкие температуры, обильные снегопады и краткие периоды светового дня могут существенно затруднить процесс мониторинга строительства. Важно учесть, что экстремальные условия могут сказываться на качестве строительных материалов, что требует более внимательного и регулярного контроля [5].

Использование современных методов метеорологического мониторинга, автоматизированных систем измерения и регулярных технических осмотров оборудования позволяют своевременно выявлять отклонения от стандартов и предотвращать потенциальные проблемы, связанные с воздействием климатических условий.

Внедрение современных технологических решений становится ключевым фактором успешного строительного контроля в Арктике. Использование систем строительного информационного моделирования

(BIM) позволяет в реальном времени отслеживать изменения в проекте и предупреждать о возможных проблемах. Также могут быть использованы специализированные беспилотные аппараты, оснащенные тепловизорами и системами визуального контроля, обеспечивающие возможность мониторинга стройплощадки в условиях ограниченной видимости во время сильных метелей. Это не только улучшает эффективность строительного контроля, но и способствует обеспечению безопасности работников [6].

В контексте строительного контроля социальных объектов в Арктике, соблюдение строгих стандартов имеет очень важное значение. Особенности строительства в условиях низких температур и изоляции требуют принятия дополнительных мер для обеспечения безопасности и долговечности социальных объектов. Также для работников сферы контроля важно тщательно следить за изменением нормативной документации в данной сфере, чтобы руководствоваться данными, необходимыми для проверки соответствия сооружений актуальным нормам и правилам. Например, с 2012 года в СП 25.13330 было внесено множество новых положений и методик, отвечающих современным требованиям строительства в регионах Арктики, например положение о техническом мониторинге грунтов, которое позволяет вовремя отслеживать изменения состояния мерзлой породы и предотвращать последствия данного процесса [7-8].

Регулярные проверки соответствия строительных материалов, оборудования и процессов нормативам, а также взаимодействие с местными агентствами по контролю, обеспечивают высокий уровень соответствия стандартам и уменьшают риски возможных нарушений и аварий. Также в наблюдении за состоянием зданий в северных регионах помогает система геотехнического мониторинга, позволяющая вовремя обнаружить изменения в конструкции и предотвратить непредвиденный выход здания из строя.

Важным аспектом успешного строительного контроля в Арктике является обучение и подготовка персонала. Специализированные программы обучения, охватывающие особенности работы в условиях холода, технические навыки и основы безопасности, способствуют повышению профессионализма сотрудников.

В итоге, хотелось бы сказать, что в условиях Арктики строительный контроль социальных объектов требует комплексного и адаптивного подхода. Учет климатических особенностей, эффективная логистика, внедрение современных технологий, соблюдение стандартов и обучение персонала обеспечивают достижение высоких стандартов качества и безопасности в строительстве социальной инфраструктуры в Арктике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буличева, А. В. Строительный контроль при возведении зданий и сооружений в сложных климатических условиях (Крайний Север, Заполярье) // Молодой ученый. - 2022.с. 26-28.
2. Lapidus, A. Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037. – DOI 10.1051/e3sconf/20199706037.
3. Бидов, Т.Х. Разработка организационно-технологической модели потенциала устройства временного крепления стенок выемок при производстве работ нулевого цикла / Т. Х. Бидов, Р. Т. Аветисян // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 427-431.
4. Modern Russian high-tech construction materials and their application in domestic construction industry (on example of metal-ceramic panels Hardwall) / A. Khubaev, T. Bidov, A. Bzhienikov, V. Nesterova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol. 365, 3. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 032005. – DOI 10.1088/1757-899X/365/3/032005.
5. Бидов, Т.Х. Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И. Магомедов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 120-126.
6. Бидов, Т. Х. Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254.
7. Кайтуков, З. Ф. Повышение качества мелкозернистого бетона / З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С. 39-43.
8. Бидов, Т. Х. Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И. Магомедов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 120-126.

СРАВНЕНИЕ НОРМИРОВАНИЯ ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ США И РОССИИ, ИХ АКТУАЛЬНОСТЬ В НАШЕ ВРЕМЯ

Строительство — отрасль, включающая в себя выполнение разного рода работ, для которых привлекают рабочих различных профессий и квалификаций. Для эффективности строительных работ, которая основывается на определении производительности, включающей в себя анализ трудоемкости и выработки, труда строительных рабочих, нормирование труда в строительстве является обязательным [1].

Нормирование труда в строительстве имеет несколько задач: расчет затрат на производство продукции и выполнения строительных работ, повышение эффективности, снижение затрат на машинный и ручной труд, усовершенствование процессов с технической точки зрения [2-5].

Определение достоверности стоимости проекта – основной принцип зарубежных строительных организаций, в связи с этим, при определении стоимости строительства, на всех этапах инвестирования используются укрупненные показатели стоимости строительства. За рубежом, так же, как и в России, расчет стоимости строительства проводится с использованием специальных компьютерных программ. Поэтому за рубежом очень распространено создание электронных сборников. Например, в США компания «R.S.MEANS» издает ежегодно большим тиражом сборники цен со среднеамериканскими показателями.

Хронометраж - популярный метод нормирования труда в строительстве в США, который уделяет большую часть внимания не изучению затрат ручного и машинного труда, а проектированию и анализу минимальному их значению с оцениванием темпа работы труда, которые заранее рассчитаны и включены в норму времени машинного и ручного труда. Чаще всего этот метод используют с помощью разнообразных компьютерных программ, которые анализируют все данные и после обработки, инженеры получают готовую информацию в комфортной для восприятия форме. В России также используется данный метод для обработки данных, на основе которых и создается нормирование труда в строительной отрасли. Но из-за того, что большая часть нормативной документации в строительстве, относящаяся к техническому и тарифному нормированию, является неактуальной, появляются определенные проблемы и неточности [6-7].

Анализируя различные зарубежные методы, можно сделать вывод, что в России нужно переходить к другим методам оценки нормирования труда. Одним из таких является метод микроэлементного нормирования. Также, большинство документов, которые используют для нормирования

машинного и ручного труда неактуальны на данный момент, так как там проанализированы достаточно устаревшие методы и технические средства. Из-за этого при использовании новых технологий нормирование труда может быть недостаточно достоверным и точным [8].

В основе метода микроэлементного нормирования лежит преобразование сложных, многоэтапных процессов и операций в простые и элементарные элементы. Например, такие как: взять, повернуть, положить, переместить. Именно эти элементы и называют микроэлементами, также они состоят из одного или нескольких движений, которые рабочий или средства механизации строительства выполняют последовательно и непрерывно. Для создания этого метода, трудовые процессы разбивают на мелкие операции до того момента, пока расчленять их дальше будет нецелесообразно. Для примера можно рассмотреть разработку грунта одноковшовым экскаватором. В России для нормирования его работы используют как устаревшую документацию, так и оценивают сразу полный цикл его работы, основываясь только на технических параметры машины и необходимом объеме перерабатываемого грунта. Если же использовать метод микроэлементного нормирования, то весь цикл работы можно разделить на простые элементы, такие как перемещение к месту стоянки, поворот стрелы, опускание ковша, наполнение ковша, поднятие ковша, поворот стрелы к месту опорожнения и т.д. С помощью анализа более мелких операций появляется возможность более четко и достоверно оценивать норму машинного времени и производительность. Это в свою очередь может сократить время, запроецированное для определенного процесса, так как появляется возможность более рационального подбора материально-технических ресурсов, и повысить экономическую эффективность строительных работ.

Также нельзя оставлять без внимания ценообразование в отечественной системе нормирования в строительстве. В большинстве случаев оценки стоимости используются различные сборники, которые предлагают одинаковую систему оценивания для всех участников строительного процесса: для инвесторов, застройщиков, подрядчиков и субподрядчиков, на любом этапе и в любых условиях. В США же вначале инвесторы оценивают общую стоимость строительных процессов и работ с уклоном на финансовые возможности и экономической эффективности капитальных вложений. Далее уже подрядчики и субподрядчики оценивают стоимость, основываясь на ресурсном методе. Ресурсный метод включает в себя: оценку предполагаемых для использования технологий, собственный опыт и материальную базу от поставщиков. Подводя итог, можно сказать, что нормирование труда в

строительстве в России значительно устарело и имеет место быть заимствование технологий и методов нормирования из других стран. США в свою очередь является страной с налаженной технологией оценки затрат ручного и машинного времени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Мухина Н. М., Рабцевич А. А.* Нормирование труда в зарубежных странах / *Мухина Н. М., Рабцевич А. А.* // Экономика и управление. — :Молодой учёный №6 (53) , 2013. — С. 2-3.
2. *А.Р. Капкаева, А.Р. Яруллина* Нормирование труда в России и за рубежом/ *А.Р. Капкаева, А.Р. Яруллина [Текст]* // . — :Вестник магистратуры, 2016. — С. 1.
3. *Т.В. Добышева, К.Н. Пуценко* Сравнительный анализ систем ценообразования России, Великобритании и США/ *Т.В. Добышева, К.Н. Пуценко [Текст]* // Экономика и управление. — :Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость № 1, 2014. — С. 7-9.
4. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037. – DOI 10.1051/e3sconf/20199706037.
5. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071. – DOI 10.1051/matecconf/201819604071.
6. *Бидов, Т.Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25. – DOI 10.15593/2224-9826/2021.2.02.
7. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15.–С. 39-43.
8. *Бидов, Т. Х.* Научно-техническое обеспечение строительства и проектирования уникальных зданий и сооружений на примере строительства большепролетных стадионов / *Т. Х. Бидов, А. П. Гришина, А. С. Петрова* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 3. – С. 305-309. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-3-305-310.

Студентка 3 курса 17 группы ИПГС Канавина А.А.,

Студент 3 курса 17 группы ИПГС Цуканов А.С.

Научный руководитель – преподаватель каф. ТОСП, Д.Д. Бабушкина

ОСОБЕННОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-ПЕЧАТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.

Современная строительная отрасль сталкивается с необходимостью поиска инновационных решений, способных ускорить процесс строительства, оптимизировать использование ресурсов и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Среди технологий, широко применяемых в строительстве, особое внимание привлекает 3D-печать, представляющая собой значительный прорыв в данном техническом поле [1-3]. Эта технология открывает новые перспективы в сфере архитектурного проектирования и строительства, предоставляя уникальные возможности, ранее недоступные. Далее в этой статье мы бы хотели выделить ряд особенностей, которые могли бы повысить производительность такого способа строительства и сделать его экономически выгодным и более интересным в глазах потребителя.

1. Использование новых материалов: Разработка и использование новых материалов является важным аспектом повышения технологичности 3D-печати в строительстве. 3D-печать диктует к составам смесей жесткие требования, в основе которых обеспечение вязкости, нормированные сроки твердения, высокая адгезия между слоями, обеспечение устойчивости формы готового изделия. Сейчас оборудование для 3D-аддитивных технологий в строительстве намного опережает применяемые составы смесей. Для внедрения полномасштабного автоматизированного строительства в технологии 3D-печати необходима разработка многокомпонентных смесей, основанная на современных подходах к регулированию свойств бетонов за счет точного выбора природного и техногенного минерального сырья, а также органических добавок. Для повышения прочности в бетон добавляют пластифицирующие вещества, уменьшающие водоцементное отношение и делающие смесь более подвижной. В строительной печати также используются смеси цемента со стекловолокном, измельченным строительным мусором, полимерной фиброй и целлюлозой. Материалы для 3D-печати должны обладать свойствами, которыми можно управлять в широком диапазоне с целью повышения эффективности аддитивных процессов [4-5].

2. Улучшение точности печати: при работе с масштабными объектами точность печати становится неотъемлемым требованием. Повышение точности 3D печати имеет несколько преимуществ. Во-первых, более точная печать позволяет создавать более детализированные и сложные

элементы конструкции. Это особенно важно в случае печати зданий и других крупных объектов, где каждый миллиметр имеет значение для обеспечения прочности и функциональности конструкции [6]. Во-вторых, повышение точности печати способствует улучшению качества печатаемых объектов. Более точные соединения и более гладкие поверхности повышают прочность и эстетические характеристики печатных изделий. Это важно при печати строительных конструкций, к которым предъявляются более высокие требования по прочности, надежности и долговечности. Одним из способов повышения точности 3D печати является использование специализированного программного обеспечения. В настоящее время существуют несколько различных технологий 3D печати обеспечивающих различную точность напечатанного изделия: SLA, DLP -технологии фотополимеризационной печати, в которых, используют источники света, такие как лазеры или проекторы, для отверждения светочувствительных смол. Точность составляет около $\pm 0,1$ мм.; SLS-селективное лазерное спекание. Точность составляет около $\pm 0,3$ мм.; Послойное экструдирование вязкой рабочей смеси имеет низкую точность по сравнению с другими методами [7].

3. Автоматизация и оптимизация процесса печати: Автоматизация и оптимизация процесса печати являются важными шагами для повышения технологичности 3D печати в строительстве. Современные 3D принтеры имеют большой потенциал для автоматизации процесса печати, но можно еще более усовершенствовать процессы подачи материала, выравнивания и сшивки слоев, а также контроля качества, сократить время, затрачиваемое на выполнение печати, а также повысить эффективность и точность процесса.

4. Внедрение дополнительных функций: Технологичность 3D печати в строительстве также возрастает за счет внедрения дополнительных функций. В настоящее время возможности 3D печати в домостроении ограничены возведением фундаментов и стен, что дает перспективу в развитии печати междуэтажных перекрытий. Возможность создания встроенных инженерных систем (ОВ, ВК, ЭО) может значительно облегчить процесс строительства и повысить эффективность использования пространства [8-9]. Также важным аспектом является разработка программного обеспечения, позволяющего создавать сложные формы и структуры с помощью 3D печати в строительстве.

3D-печать является перспективным направлением современного строительства, поскольку применение аддитивных технологий позволяет повысить скорость строительства и удешевить его, что делает его весьма привлекательным как для строительных компаний, так и для потребителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бидов, Т. Х.* Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / *Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И. Магомедов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 120-126.
2. *Бидов, Т. Х.* Разработка организационно-технологической модели потенциала устройства временного крепления стенок выемок при производстве работ нулевого цикла / *Т. Х. Бидов, Р. Т. Аветисян* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 427-431.
3. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037. – DOI 10.1051/e3sconf/20199706037.
4. *Хубаев, А. О.* Повышение эффективности возведения монолитных конструкций с применением технологии виртуальной и дополненной реальности / *А. О. Хубаев, С. С. Саакян* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 492-495.
5. *Ланидус, А. А.* повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / *А. А. Ланидус, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26
6. *Хубаев, А. О.* Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / *А. О. Хубаев, Р. А. Байчоров, А. А. Урусов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314
7. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_86.
8. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З.Ф. Кайтуков, А.О. Хубаев* // Научное обозрение.–2017.–№ 15.– С.39-43.
9. *Хубаев, А. О.* Описание эксперимента при расчете потенциала производства зимнего бетонирования / *А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 2. – С. 247-252.

Студентка 3 курса 17 группы ИПГС Ларичева А.С.,

Студентка 3 курса 17 группы ИПГС Иценко А.А.

Научный руководитель – ведущий научный сотрудник НОЦ КТОС, канд. тех. наук А.О. Хубаев

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПОДВОДНОГО БЕТОНИРОВАНИЯ

Подводное бетонирование проводится в случаях необходимости укладки бетонной смеси без проведения водоотливных работ, а именно при возведении опорных элементов мостовых опор, дамб ГЭС, опор ЛЭП. Для проведения данного вида работ необходимо максимально снизить площадь контакта бетонной смеси с водой, не допустит свободное перемещение раствора в воде.

Современное бетонирование включает в себя следующие способы подводного бетонирования: метод вертикального перемещения трубы; способ восходящего раствора; укладка бетонной смеси бункерами; втрамбовывание смеси; укладка в мешках.

Метод вертикального перемещения трубы представляет собой непрерывную подачу бетонной смеси по опущенной на дно трубе. Для подачи смеси используют трубы диаметром 200-300 мм. Сверху трубы заканчиваются воронкой, снизу их закрывают металлическими клапанами. Опущенные на дно трубы заполняют доверху бетонной смесью. При открытии клапанов бетонная смесь, выходя из труб, растекается по дну котлована [1-2]. Смесью, которую продолжают подавать, выжимает кверху бетон, частично размытый водой.

При методе восходящего раствора в бетонируемом блоке устанавливают шахты с решетчатыми стенками, внутри которых монтируются трубы диаметром 37-100 [3-5]. Полость блока заполняют щебнем или гравием, а через трубу, подают цементный раствор. Шахты необходимы для опускания и подъема труб по всей высоте бетонируемого блока. В методе укладки бункерами бетонную смесь опускают под воду на основании разрабатываемого участка в бункерах и разгружают через раскрытое дно или затвор.

Бетонную смесь выпускают при минимальном отрыве дна бункера от поверхности уложенного бетона. В методе втрамбовывания из бетонной смеси создают островок с последующим распространением смеси в блоке втрамбовыванием или вибрацией. Бетонный островок создают в одном из углов блока с помощью трубы из специальной бадьи, выводя его минимум на 30 см выше поверхности воды. Новые порции бетонной смеси подаются равномерно с интенсивностью, не нарушающей процесса твердения бетона [6]. Также используется укладка в мешках. Защитные мешки, заполненные бетонной смесью,

опускаются под воду. Мешковина пропускает воду, но предохраняет бетон от растекания. При бетонировании больших площадей мешки сшиваются между собой и армируются. При рассмотрении методов подводного бетонирования можно выделить преимущества и недостатки каждого из них. Выбор метода зависит от максимально возможной глубины бетонирования, размера разрабатываемого участка, состояния грунта, требуемой прочности сооружения. Сравнительная характеристика рассмотренных методов представлена в таблице 1 [7-9].

Таблица 1

Сравнительная характеристика методов подводного бетонирования

Метод подводного бетонирования	Глубина использования	Преимущества	Недостатки
Метод вертикального перемещения трубы	От 1,5 до 50 м	Бетонная смесь соприкасается с водой только в верхнем слое	Необходимо осложненное оснащение
Способ восходящего раствора	До 50 м	Раздельная подача раствора и заполнителя	Раствор заполняет не все пустоты
Укладка бетонной смеси бункерами	До 20 м	Сниженная себестоимость, укладывания смеси на неровные основания	Частичный размыв бетона при выгрузке
Втрамбовывание смеси	До 1,5 м	Возможно бетонирование негоризонтальных поверхностей	Небольшая глубина использования
Укладка в мешках	До 2 м	Применяется в качестве вспомогательного	Необходимы водолазные работы

Опираясь на рассмотренные характеристики каждого из методов подводного бетонирования и опыт, полученный при строительстве и реконструкции ГЭС в России, на сегодняшний день, делается уклон в сторону использования метода вертикально перемещающейся трубы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Телешев В.И.* Производство гидротехнических работ. Часть 1. Общие вопросы строительства. Земляные и бетонные работы: учебник для вузов - Москва: АСВ, 2012. - 488 с.

2. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather

concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033.

3. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037.

4. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071.

5. *Бидов, Т. Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25.

6. *Хубаев, А. О.* Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / *А. О. Хубаев, Р. А. Байчоров, А. А. Урусов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314

7. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105.

8. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.

9. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017.– № 15.–С.39-43.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ

Капитальный ремонт – плановый ремонт по восстановлению и улучшению основных строительных элементов здания. Главной проблематикой при выполнении капитального ремонта является эффективность его проведения, что описано в работе авторов Кузьминой Т.К., Абрегова М.А., Витковой Р.А. [1-2] Производительность труда при выполнении капитального ремонта в многоквартирных жилых домах является ключевым показателем эффективности работы строительных бригад и организаций. Этот показатель напрямую влияет на сроки выполнения работ, их стоимость и качество. Рассмотрим основные факторы, влияющие на производительность труда в данной сфере [3].

1. Квалификация и опыт рабочих

Квалификация и профессиональный опыт рабочих являются- одним из самых значимых факторов, влияющих на производительность труда. Квалифицированные специалисты способны быстрее и качественнее выполнять поставленные задачи, а также предотвращать возможные ошибки в процессе работы.

2. Организация труда и рабочего места

За правильную организацию труда, включая четкое распределение обязанностей, планирование рабочего процесса и оптимизацию рабочего места отвечает строительная организация или подрядчик, который осуществляет выполнение работ. Важно также обеспечить своевременную подачу материалов и инструментов к месту выполнения работ. Все это значительно повышает производительность.

3. Использование современных технологий и материалов

Заказчик обеспечивает применение инновационных строительных технологий и высококачественных материалов, что позволяет ускорить процесс ремонта и повысить его качество. Современное оборудование и инструменты упрощают многие операции, делая их более точными, безопасными и менее трудоемкими [4-6].

4. Соблюдение норм безопасности

Соблюдение норм безопасности при капитальном ремонте обеспечивает безопасные условия труда для рабочих, повышает эффективность работы за счет уменьшения вероятности задержек из-за производственных аварий и травм, способствует более высокой

производительности работников за счет повышения их уверенности в своей безопасности.

5. Климатические условия

Климатические условия могут серьезно влиять на производительность труда при выполнении капитального ремонта. Неблагоприятные погодные условия могут затруднить выполнение работ и увеличить сроки и стоимость ремонта. Высокая влажность приводит к замедлению высыхания строительных материалов, а экстремальные климатические условия могут пагубно повлиять на качество строительных материалов и конструкций, в обоих случаях это приведет к дополнительным затратам и увеличению сроков [7-8].

6. Планирование и контроль

Планирование и контроль играют ключевую роль в повышении производительности при капитальном ремонте. Планирование позволяет определить цели, оценить сроки, распределить ресурсы и создать план действий. Контроль помогает отслеживать выполнение задач и корректировать планы для достижения поставленных задач. Вместе два данных фактора обеспечивают эффективное управление процессом капитального ремонта, повышая производительность и качество работ [9-10].

7. Уровень механизации работ

Механизация работ позволяет ускорить процесс ремонта, снизить трудозатраты, повысить качество выполнения работ и обеспечить безопасность рабочих.

Производительность труда при выполнении капитального ремонта многоквартирных жилых домов зависит от множества факторов. Оптимизация этих факторов позволяет не только ускорить процесс ремонта, но и существенно повысить его качество, что в конечном счете приводит к увеличению уровня удовлетворенности жильцов и улучшению условий их проживания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

10. Кузьмина Т.К., Абрегов М.А., Виткова Р.А. Эффективность проведения капитального ремонта многоквартирных жилых домов (МКД) // Components of Scientific and Technological Progress. 2023. № 7 (85). С. 24-29

11. Фатуллаев, Р.С. Формирование алгоритма комплексной оценки проведения внеплановых ремонтных работ / Р.С. Фатуллаев // Перспективы науки. - Тамбов : ТМБпринт. - 2017. -№9(96).-С. 11-14

12. Фатуллаев Р.С., Хаев Т.Э. Перспективы использование современных строительных материалов как фактор, влияющий на эффективность организационно-технологических решений при проведении капитального ремонта // Перспективы науки. 2019. № 5

(116). С. 224-228.

13. Анализ основных проблем планирования программ капитального ремонта / *А. Ю. Кагазежев, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев, Я. В. Шестерикова* // Перспективы науки. – 2022. – № 12(159). – С. 81-86.

14. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037. – DOI 10.1051/e3sconf/20199706037.

15. Анализ стоимости выполненных работ по капитальному ремонту общего имущества в многоквартирных жилых домах в субъектах Российской Федерации / *А. А. Лapidус, Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, Д. М. Николенко* // Строительное производство. – 2023. – № 2. – С. 3-7. – DOI 10.54950/26585340202323.

16. Оценка влияния комплексного обследования технического состояния здания на примере объекта культурного наследия / *Д. Д. Ельникова, Я. В. Шестерикова, Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев* // Components of Scientific and Technological Progress. – 2023. – № 6(84). – С. 14-18.

17. Analytical study of the actual cost of the completed overhaul of multi-apartment residential buildings in Russia / *R. S. Fatullaev, T. Kh. Bidov, Ya. V. Shesterikova, D. M. Nikolenko* // E3S Web of Conferences : Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023), Chelyabinsk, 25–28 апреля 2023 года. Vol. 389. – Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. – P. 06029.

18. *Fatullaev, R. S.* Evaluation of Biotic Damage to Structures as a Risk Factor for Environmental Pollution During a Comprehensive Survey of the Cultural Heritage Site of Regional Significance “The Building of the Izvestia Newspaper” / *R. S. Fatullaev, T. Kh. Bidov* // XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022" : Collection of materials of the 15th International Scientific Conference. Global Precision Ag Innovation 2022, Rostov-on-Don, 02–04 марта 2022 года. Vol. 575. – Rostov-on-Don: Springer Cham, 2023. – P. 150-160. – DOI 10.1007/978-3-031-21219-2_15.

19. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105.

*Студент 3 курса 18 группы ИПГС Миньков Д. А.
Научный руководитель – ведущий научный сотрудник НОЦ КТОС,
канд. тех. наук А.О. Хубаев*

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБЪЕМНО БЛОЧНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

В настоящее время вопрос экологии и энергоэффективности занимает все более важное место при строительстве жилых объектов в условиях северных регионов. Арктическая зона является особенно сложной для строительства из-за экстремальных условий, таких как низкие температуры, сильные ветры и короткий сезон строительства. В связи с этим, поиск новых эффективных технологий становится все более актуальным. Эта технология представляет собой способ постройки зданий из готовых элементов, выполненных на заводе и максимально подготовленных к монтажу на месте строительства. Автоматизация процесса изготовления блоков позволяет снизить время и ресурсы, необходимые для возведения здания [1]. История объемно-блочной технологии началась в 1928 году с идеи советского архитектора Константина Мельникова о создании доступного жилья. В 1931 году была создана каркасно-блочная система жилых домов, которая стала основой для дальнейшего строительства. В 1969 году совет министров СССР принял постановление о развитии объемно-блочного домостроения, что привело к появлению крупных заводов в РСФСР, БССР и УССР. В 1972 году по методу ОБД были построены жилые дома площадью 150000 квадратных метров и высотой до 24 этажей. После успешной апробации технологии ее было рекомендовано для массового использования в СССР [2]. Объемно-блочное домостроение представляет собой инновационную технологию строительства, которая получила широкое распространение в различных регионах мира. Ее основные преимущества: Качество материалов. Цикл изготовления блоков полностью проходит в заводских условиях, что минимизирует воздействие негативных факторов окружающей среды на качество продукции. Все составные материалы блоков хранятся на специально оборудованных складах, отвечающих всем условиям хранения, а перед применением проходят тщательную проверку, что, несомненно, гарантирует соблюдение всех технологических стандартов [3]. С помощью новейших автоматизированных систем производится контроль и оптимизация процесса производства блоков, что приводит к минимуму вероятность ошибок и значительно повышает эффективность производства [4].

Скорость возведения. Как правило, объемно-блочный метод позволяет значительно повысить скорость строительства объекта, ведь

технология основывается на объемных блоках, изготовленных на заводе и полностью готовых к установке. От строительной организации требуется лишь грамотная доставка блоков до зоны застройки, соблюдение всех правил монтажа блока и контроль исполнения техники безопасности труда [5].

Экономичность. Технология объемно-блочного домостроения требует значительно меньше энергии и материалов в сравнении с традиционным строительством, что сказывается на стоимости готового продукта. Это особенно важно в современных условиях широкого спроса на бюджетное жилье.

Экологичность. Так как весь цикл изготовления блоков происходит на заводе, можно отметить ощутимую минимизацию загрязнения окружающей среды в пределах стройки, что обусловлено меньшим количеством строительного мусора в сравнении с традиционным строительством [6].

Стандартизация. Весь ход производства стандартизирован и контролируется штатом профильных специалистов. Конвейерный метод предотвращает потенциальную путаницу, ведь каждый работник выполняет свою задачу. Эти факторы, несомненно, создают дополнительную страховку продукта и повышают доверие клиентов.

Однако, несмотря на свою привлекательность и очевидные преимущества, ОБД не лишены недостатков, которые необходимо учитывать. Во-первых, строительство в арктической зоне требует обязательного учета особенностей климата, в частности повышенную влажность и низкие температуры. Это создает потребность в тщательном планировании проекта, поскольку любые изменения в дизайне, материале или конструкции после начала производства блоков могут повлечь за собой значительные финансовые расходы, что существенно скажется на общей стоимости проекта. Во-вторых, доставка блоков до места строительства требует дополнительного планирования и затрат, поскольку вес одного блока способен превышать 50 тонн, а форма может быть исполнена в виде самых необычных геометрических фигур. Объемные блоки можно отнести к категории специфических грузов, поэтому необходимо уделить повышенное внимание к логистике и обеспечить соблюдение строгих требований к грузоподъемности транспорта [7].

Опираясь на все плюсы и минусы, можно сказать, что внедрение технологии объемно-блочного домостроения в арктической зоне может принести значительные выгоды как с точки зрения экономии времени и ресурсов, так и с точки зрения повышения комфорта и энергоэффективности зданий. Все плюсы реализуются только в условиях транспортной обеспеченности объекта. Для массового внедрения данной

технологии ещё рано говорить, так как инфраструктура ещё недостаточно развита. В последние годы правительство России активно вкладывает средства в развитие инфраструктуры арктической зоны, дороги, железные дороги и порты. Такие инвестиции способствуют развитию ОБД в регионе.

Можно сделать вывод о том, что использование объемно-блочного домостроения ограничивается пока возведением зданий жилого и административного назначения, где не требуется больших пролетов, этажностей и объемов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Хубаев, А. О.* Практика применения объемно-блочного домостроения в России / *А. О. Хубаев, С. С. Саакян* // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2020. – № 3(39). – С. 112-119.

2. *Хубаев, А. О.* Мировая практика в области модульного строительства / *А. О. Хубаев, С. С. Саакян, Н. В. Макаев* // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 99-108.

3. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // Перспективы науки. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.

4. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 385-390. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-12-385-391.

5. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.

6. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_100.

7. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.

Студент 3 курса 17 группы ИПГС Мисько Д.В.,

Студентка 3 курса 17 группы ИПГС Должикова А.Д.

Научный руководитель – ведущий научный сотрудник НОЦ КТОС, канд. тех. наук А.О. Хубаев

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ БЕТОННЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

В условиях крайнего севера, где характерны суровые климатические условия, повышение технологичности производства бетонных работ становится особенно актуальной задачей. Основными факторами, определяющими трудности при строительстве в данном регионе, являются низкие температуры, высокая влажность, глубина промерзания грунта и короткий строительный сезон. [1]

Одним из основных аспектов, требующих обновления и совершенствования, является процесс подготовки и использования бетонной смеси. В условиях севера, где низкие температуры могут привести к замерзанию воды в смеси, необходимо разработать специальные рецептуры, адаптированные к жестким климатическим условиям. Выделяют так же процесс улучшения технологий и оборудования для обработки бетона. На севере требуется более автоматизированный и эффективный способ укладки и уплотнения бетона. Применение современных бетоноукладчиков, автобетононасосов и устройств для уплотнения позволяет значительно сократить время выполнения работ и повысить их качество. [2-4]

Таким образом, повышение технологичности производства бетонных работ в условиях крайнего севера является неотъемлемым условием успешного развития строительной индустрии в данном регионе. Применение специализированного оборудования и материалов, а также учет особенностей климата и экологических требований позволит обеспечить качество и надежность бетонных конструкций на севере. [5-6]

Бетон – это искусственный строительный материал, состоящий из цемента, песка, щебня и воды. В условиях вечной мерзлоты, бетон представляет собой материал, который играет важную роль в строительстве и инфраструктурных проектах. Благодаря своей прочности и долговечности, он является идеальным выбором для создания фундаментов, дорожных покрытий, мостов и других сооружений в этих условиях.

При работе с бетоном в вечной мерзлоте необходимо учитывать особенности данной среды. В пористой структуре содержится вода, которая может замерзать и создавать микротрещины, что приводит к разрушению материала. Для снижения риска возникновения таких

проблем, важно учитывать состав и химические свойства бетона при его приготовлении. Добавки могут использоваться для ограничения проникновения влаги и улучшения прочности бетона. [7-8]

Рассмотрев условия крайнего севера и свойства грунтов в этих районах, а также уточнив, что нужно учитывать для более лёгких работ во время бетонирования конструкций, мы можем предложить способ повышения технологичности бетонных работ в условиях крайнего севера.

Существует несколько основных направлений в улучшении технологии монолитных работ и самый первый из них: использование высокоподвижные и литые бетонные смеси с химическими добавками, которые снижают до минимума трудозатраты на транспортирование, укладку и уплотнение бетонной смеси. Данный переход мы можем обеспечить путем использования добавок на основе наноматериалов.

На основе ранее открытых бетонных нанодобавок мы сделаем заключение о повышении технологичности бетонных работ. Допустим с применением добавки Vetomix (БФау)/БЕ мы повысим предел прочности на сжатие и растяжение, особенно в начальной стадии, что необходимо для набора критической прочности при бетонировании в условиях крайнего севера. Также улучшается способность бетона к уплотнению, что в несколько раз понизит трудозатраты на данный процесс. Даже по одной добавке на основе нанотехнологий, можно сделать вывод, что в перспективе они являются неотъемлемой частью в строительной отрасли, так как в разы улучшают свойства бетонной смеси, особенно для зимнего бетонирования. [9-11]

Таким образом, повышение технологичности производства бетонных работ в условиях крайнего севера является необходимым для обеспечения стабильного развития и экономического процветания этого региона. Применение современных технологий и инновационных подходов помогает решить сложности и вызовы, с которыми сталкиваются строители на севере, и обеспечивает высокое качество и долговечность бетонных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Иванов А.А.* Повышение эффективности производства бетонных работ в условиях крайнего севера // *Строительство и реконструкция.* 2018. №3. С.45-50.
2. *Козлов Н.И., Михайлов С.П.* Особенности производства бетонных работ в условиях крайнего севера и пути их повышения // *Строительство и архитектура.* 2017. №4. С. 67-74.
3. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-

destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037.

4. Modern Russian high-tech construction materials and their application in domestic construction industry (on example of metal-ceramic panels Hardwall) / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Bzhienikov, V. Nesterova* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol. 365, 3. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 032005.

5. *Бидов, Т. Х.* Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466-471. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471.

6. *Хубаев, А. О.* Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / *А. О. Хубаев, Р. А. Байчоров, А. А. Урусов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314

7. *Бидов, Т. Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25.

8. *Khubaev, A. O.* Determination of the effectiveness of the production process of winter concreting based on field studies / *A. O. Khubaev* // E3S Web of Conferences : Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023), Chelyabinsk, 25–28 апреля 2023 года. Vol. 389. – Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. – P. 06012.

9. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // Перспективы науки. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.

10. *Хубаев, А. О.* Организационно-технологический потенциал использования методов неразрушающего контроля при производстве бетонных работ в зимний период / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – № 4(82). – С. 101-104.

11. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033. – DOI 10.1088/1757-899X/869/7/072033.

УМНЫЙ МОНИТОРИНГ БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В современном мире строительства безопасность, надежность и долговечность являются краеугольными камнями успешной реализации проектов. Ключевым аспектом обеспечения этих параметров является контроль прочности материалов, особенно бетона, который является одним из наиболее широко используемых материалов в строительной индустрии. Однако традиционные методы контроля прочности бетона могут быть трудоемкими, время затратными и иногда не точными [1].

В свете этого возрастающего спроса на более эффективные методы контроля прочности бетона, на передний план выходят технологии искусственного интеллекта (AI). Использование AI в контроле прочности бетона открывает новые перспективы для автоматизации и повышения точности этого процесса [2-3].

На современных стройплощадках для оценки и контроля прочности бетонных конструкций применяются разнообразные методики. В настоящее время широко распространены как неразрушающие, так и разрушающие подходы к оценке прочностных характеристик материала.

При контроле прочности бетона использование методов, описанных в ГОСТ (например, ГОСТ 10180, ГОСТ 18105), представляет собой прямой разрушающий подход. Однако этот метод сталкивается с недостатками, такими как несоответствие условий твердения контрольных образцов и реальных условий бетона в конструкциях.

Неразрушающие методы контроля, будь то прямые или косвенные, также имеют свои ограничения: они могут быть ограничены в области применения, подвержены температурным ограничениям и требуют градуировки для повышения точности. Современные технологии, такие как автоматизированный мониторинг прочности бетона с использованием ИИ, представляют собой косвенный неразрушающий метод, который позволяет расширить возможности традиционных подходов [4-5].

Для более объективного контроля качества бетона предлагается комплексный подход, включающий как прямые, так и косвенные методы контроля прочности. Такое сочетание позволяет более полноценно оценить состояние монолитного и сборного бетона.

Решение, направленное на оптимизацию процесса монолитных работ и получение актуальных данных о температуре бетона в конструкции,

включает в себя использование искусственного интеллекта (ИИ) для регулировки параметров бетонной смеси [6-8].

Это решение позволяет снизить риски замораживания или перегрева бетона на ранних стадиях и принимать обоснованные решения о начале нагрузки на конструкции и/или снятии опалубки на основе данных, полученных из программного обеспечения.

Основной целью пользователя является предотвращение непредвиденных расходов и изменений в графиках работы из-за замерзания, перегрева или неравномерного прогрева бетонных конструкций, а также оперативной реакции на отклонения показателей температуры от необходимых значений в соответствии с требованиями ГОСТ.

Решение использования ИИ в контроле температуры бетона представляет собой программно-аппаратный комплекс PropTech.SMC., который включает в себя не только информационно-технологическую составляющую, но также устройства контроля температуры, зрелости и прочности бетона. Это можно делать вручную или использовать современные информационно-аппаратные комплексы, которые позволяют отслеживать изменение температуры онлайн на Ваших мобильных устройствах или с компьютера с помощью онлайн программы PropTech.SMC.

Использование цифровых температурных датчиков вместо термомпар обладает преимуществами, так как исключает искажения показаний, особенно в условиях электропрогрева при зимнем бетонировании [9-11].

Данное решение отличается от ультразвукового и ударно-импульсного контроля прочности бетона тем, что оно эффективно работает даже при отрицательных температурах ниже -15 градусов Цельсия. Это обеспечивает надежный и точный контроль прочности бетона в самых суровых климатических условиях.

Контроль бетона по методу зрелости — современное решение вопросов определения качества бетонной смеси при его заливке и последующим твердении.

Умный мониторинг бетона с использованием ИИ способствует оптимизации процессов строительства, сокращению времени и затрат на проведение работ, а также повышению эффективности использования ресурсов. Это помогает строительным компаниям улучшить свою конкурентоспособность и обеспечить высокий уровень качества предоставляемых услуг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Мартынов, В. М., Перваков, С. В., & Косарев, В. А. (2020). Применение нейросетевого подхода для оценки качества бетонных конструкций. Вестник МГСУ, (3), 147-156.*

2. Семенов, И. И., & Комаров, Е. В. (2018). Применение машинного обучения для анализа состояния бетонных конструкций. *Строительная наука и техника*, 3(28), 89-92.
3. Иванов, Д. А., & Петров, А. В. (2021). Использование методов машинного обучения для прогнозирования параметров бетона. *Бетонные технологии*, 2, 45-49.
4. Кузнецов, П. Н., & Григорьев, А. А. (2017). Анализ применения алгоритмов машинного обучения для диагностики бетонных конструкций. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*, (6(118)), 102-106.
5. Хубаев, А. О. Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / А. О. Хубаев // *Перспективы науки*. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.
6. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.] // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2022. – № 12. – С. 385-390.
7. Бидов, Т. Х. Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И. Магомедов // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2020. – № 4. – С. 120-126.
8. Бидов, Т. Х. Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2020. – № 5. – С. 246-254.
9. Хубаев, А. О. Повышение эффективности возведения монолитных конструкций с применением технологии виртуальной и дополненной реальности / А. О. Хубаев, С. С. Саакян // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2019. – № 12. – С. 492-495.
10. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.] // *Строительное производство*. – 2022. – № 4. – С. 100-105.
11. Бидов, Т. Х. Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2020. – № 5. – С. 246-254.

*Студент магистратуры 1 года обучения 22 группы ИПГС **Николенко Д.М.***

*Студентка 3 курса 56 группы ИАГ **Виткова Р.А.***

*Научный руководитель – директор НОЦ КТОС., канд. техн. наук **Т.Х. Бидов***

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

Арктика — это не только один из самых экстремальных и непроходимых регионов нашей планеты, но и золотая жила для стран, примыкающих к этому уникальному ареалу. Россия, обладая одним из самых обширных арктических берегов, стоит перед вызовом развития этого стратегически важного региона. Потенциал, который он представляет для страны, неоспорим: богатство природных ресурсов, новые морские пути, расширение экономической зоны, а также возможности для научных исследований и туризма — все это делает развитие арктического региона приоритетной задачей для России.

Одним из ключевых аспектов этого развития является организационно-технологическое проектирование строительства, в том числе производство земляных работ. Ведь для освоения новых территорий, развития инфраструктуры и добычи ресурсов необходимо обеспечить эффективное проведение земляных работ в условиях, которые часто характеризуются экстремальными климатическими условиями, сложной геологией и уникальной экологией. Подход к организационно-технологическому проектированию в Арктике должен быть особенно тщательным и инновационным, учитывая специфические особенности региона и его значимость для страны. В данной статье мы обсудим несколько ключевых аспектов этого процесса и предложим решения для успешного развития производства земляных работ в арктической зоне России [1].

1. Климатические условия в Арктике характеризуются низкими температурами, сильными ветрами, обилием снега и льда. Эти факторы могут значительно затруднить проведение земляных работ и повлиять на безопасность персонала. Для решения этой проблемы необходимо разработать специальные технологии и оборудование, способные работать в экстремальных условиях [2-3].

2. Арктика является уникальной экосистемой, чрезвычайно уязвимой перед воздействием человеческой деятельности. При проектировании земляных работ необходимо учитывать и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, используя методы и технологии, способствующие сохранению биоразнообразия, а также строгий контроль за выбросами и загрязнением.

3. Безопасность является приоритетом при проведении земляных работ в любых условиях, особенно в Арктике, где даже маленькие неполадки могут иметь серьезные последствия из-за отдаленности и экстремальных условий. Это требует разработки строгих стандартов безопасности, обучения персонала, оснащения специальной защитной экипировкой и постоянного мониторинга условий труда.

4. Проектирование производства земляных работ в условиях Арктики требует использования передовых технологий и инновационных подходов. Достижимых по средствам применения беспилотных автономных машин для выполнения работ в опасных или недоступных местах, использования дронов для мониторинга и обследования территории, а также разработка специализированных материалов и оборудования, способных работать в условиях низких температур.

5. Проведение земляных работ в Арктике также включает в себя взаимодействие с местными сообществами и учет их интересов и потребностей, включая сотрудничество с местными организациями, обеспечение доступа к информации о проекте и его влиянии на местное население, а также создание программ, направленных на улучшение качества жизни.

В ходе анализа были наиболее актуальные аспекты, встречающиеся при организационно-технологическом проектировании земляных работ в арктической зоне, таблица 1 [4-7].

Таблица 1

Аспекты, влияющие на проектирование земляных работ в Арктики		
№ п/п	Аспект	Описание
1	Адаптация к климатическим условиям	Разработка технологий и оборудования для работы в экстремальных климатических условиях
2	Учет экологических особенностей	Минимизация негативного воздействия на окружающую среду при проведении земляных работ
3	Обеспечение безопасности персонала	Разработка строгих стандартов безопасности и обучение персонала для работы в арктическом регионе
4	Использование инноваций	Применение передовых технологий и оборудования при ведении земляных работ
5	Гармонизация с местным сообществом	Взаимодействие с местными жителями и организация социально-экономических программ

Арктика представляет собой регион огромного потенциала и стратегического значения для России. Организационно-технологическое

проектирование производства земляных работ в условиях Арктики необходимо для обеспечения эффективной эксплуатации и развития региона, сохранения его уникальной природы и биоразнообразия, а также обеспечения безопасности персонала и местного населения, что требует интегрированного подхода, учитывающего специфические климатические, экологические, социальные и технологические особенности региона. Несмотря на значительные усилия, уже внесенные в развитие арктического региона, множество вызовов остается актуальными, требуя дальнейших исследований и инноваций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лизунов, А. В.* Сооружение земляного полотна в условиях Крайнего Севера на основе применения новой техники / *А. В. Лизунов* // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2012. – Т. 3. – С. 205-209. – EDN PXVBEF.
2. *Шацкий, А. С.* К вопросу оптимизации выполнения земляных работ при строительстве трубопроводов в условиях Крайнего Севера / *А. С. Шацкий, Г. Р. Габеля* // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2012. – № 3(31). – С. 17-21. – EDN TUIGMT.
3. Предложения по совершенствованию землеройных машин для работы в условиях Арктики / *В. А. Кузнецов, В. И. Александров, Р. Н. Ога, А. В. Шемякин* // *Universum: технические науки.* – 2023. – № 11-1(116). – С. 60-64. – EDN ZWISIQ.
4. *Савельев, М. А.* Анализ перспективных средств обеспечения технической готовности автомобиля при эксплуатации в условиях низких температур / *М. А. Савельев, А. Е. Рассохин* // Научный резерв. – 2018. – № 3(3). – С. 19-31. – EDN YOFXCH.
5. *Ланидус, А. А.* повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / *А. А. Ланидус, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019661940 Российская Федерация. Расчет потенциала производства зимнего бетонирования при перепрофилировании промышленных объектов : № 2019660544 : заявл. 16.08.2019 : опубл. 12.09.2019 / *Д. В. Топчий, А. А. Ланидус, А. О. Хубаев.*
7. *Кустикова, Ю. О.* Определение усилий в панельных стенах с учетом изменения расчетной схемы здания в процессе его возведения / *Ю. О. Кустикова, Д. Д. Антониади* // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2020. – № 3(1027). – С. 50-52. – EDN DKHNJR.

*Студент магистратуры 1 года обучения 22 группы ИПГС **Николенко Д. М.***

*Студентка 3 курса 56 группы ИАГ **Виткова Р.А.***

*Научный руководитель – ведущий научный сотрудник НОЦ КТОС, канд. техн. наук **А.О. Хубаев***

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ УСТРОЙСТВА МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

Арктический регион является неотъемлемой частью геополитической, экологической и экономической стратегии России. С каждым годом его значение для страны лишь возрастает, взаимодействуя с технологическими и инфраструктурными вызовами, ставя перед инженерами и учеными новые задачи. В этом контексте, особенно важным аспектом становится техническое нормирование процессов устройства монолитных конструкций в условиях Арктики. Россия обладает огромными природными ресурсами в этом регионе, включая углеводородные запасы, драгоценные металлы и другие стратегически важные материалы. Эксплуатация и разработка этих ресурсов требует создания современной инфраструктуры, что в свою очередь обуславливает необходимость строительства монолитных конструкций. Однако, наряду с богатствами, арктический регион представляет собой и уникальную среду, испытывающую инженерные решения на прочность и эффективность. Экстремальные температуры, сильные ветры, перманентные морозы и ледяные образования – все это факторы, которые необходимо учитывать при проектировании и строительстве монолитных конструкций [1-3].

Техническое нормирование в этой области становится ключевым инструментом обеспечения безопасности, надежности и устойчивости инфраструктуры в условиях Арктики. Оно определяет требования к материалам, конструкциям, теплоизоляции, а также к мерам защиты от экстремальных погодных условий и механической нагрузки. Таким образом, значимость арктического региона для России как источника природных ресурсов и перспективного направления экономического развития подчеркивает необходимость развития современных технических решений и нормативной базы для строительства монолитных конструкций в этом уникальном климате [4-5].

Состояние технического нормирования процессов устройства монолитных конструкций в условиях Арктики играет важную роль в развитии инфраструктуры и освоении ресурсов этого стратегически важного региона для России. В условиях, когда интерес к арктическим территориям становится все более актуальным, необходимо обеспечить соответствующий уровень технической подготовки и безопасности

строительства и эксплуатации сооружений. В России существует широкая нормативная база, регулирующая процессы устройства монолитных конструкций, однако учитывающих специфику региона не так много. Одним из основных документов, регулирующих строительство монолитных конструкций в Арктике, является СП 52-105-2009 «Железобетонные конструкции в холодном климате и на вечномёрзлых грунтах». В этом документе устанавливаются требования к проектированию и строительству зданий и сооружений в условиях низких температур, перманентного мороза и снегопадов. Основные аспекты, учитываемые в нормативах, включают в себя правильный выбор материалов, обеспечение эффективной теплоизоляции, а также меры по защите от воздействия ледяных образований и снегопадов. Кроме того, важно обеспечить безопасность труда при строительстве и эксплуатации сооружений в условиях Арктики, что требует соответствия строительных работ нормам и правилам техники безопасности [6-7].

Важным элементом развития технического нормирования в России является также интеграция современных технологий и инновационных решений. Применение новых материалов, конструктивных решений и методов строительства позволяет повысить эффективность и безопасность строительства и эксплуатации монолитных конструкций в арктических условиях.

Актуальность и необходимость дальнейшего исследования и разработки актуальной нормативно-технической документации для устройства монолитных конструкций в условиях Арктики подтверждаются сегодняшними вызовами, стоящими перед Россией в этом стратегически важном регионе. Природные ресурсы, геополитическое значение и потенциал арктического региона для экономического развития делают его приоритетным направлением для строительства инфраструктуры и освоения природных богатств. Однако, экстремальные климатические условия, наличие перманентного мороза и другие особенности арктической местности представляют серьезные технические вызовы. В этой связи, дальнейшее исследование и разработка актуальной нормативно-технической документации являются необходимыми для обеспечения безопасности, надежности и эффективности строительства и эксплуатации монолитных конструкций в условиях Арктики. Усовершенствование нормативной базы должно учитывать современные технологии, инновационные решения и научные достижения в области строительства и материаловедения. Кроме того, необходимо уделять внимание адаптации международного опыта к специфическим условиям российского севера, а также учитывать особенности местных ресурсов и инфраструктуры. Только такой комплексный подход позволит эффективно решать текущие задачи и

обеспечить устойчивое развитие арктического региона в интересах России. Таким образом, развитие и совершенствование нормативно-технической базы для устройства монолитных конструкций в условиях Арктики является стратегически важной задачей, требующей системного подхода, междисциплинарного сотрудничества и инновационных решений. Только так можно обеспечить безопасность, устойчивость и эффективность строительства и эксплуатации сооружений в этом уникальном и перспективном регионе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Хубаев, А. О.* Организационно-технологический потенциал использования методов неразрушающего контроля при производстве бетонных работ в зимний период / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – № 4(82). – С. 101-104.

2. *Аленкина, Е. С.* Выдерживание бетонных и каменных конструкций в зимних условиях / *Е. С. Аленкина, Н. И. Гусев, М. В. Кочеткова* // Вестник магистратуры. – 2014. – № 9(36). – С. 21-23. – EDN WYKOOF.

3. *Бидов, Т. Х.* Формирование методики совершенствования научно-технического сопровождения проектирования на основе нейронного моделирования / *Т. Х. Бидов, А. П. Гришина, А. С. Петрова* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 3. – С. 398-401.

4. СП 52-105-2009 Железобетонные конструкции в холодном климате и на вечномёрзлых грунтах. ФГУП "НИЦ "Строительство". - М., 2009 год. 36 с.

5. *Fatullaev, R. S.* Evaluation of Biotic Damage to Structures as a Risk Factor for Environmental Pollution During a Comprehensive Survey of the Cultural Heritage Site of Regional Significance “The Building of the Izvestia Newspaper” / *R. S. Fatullaev, T. Kh. Bidov* // XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022" : Collection of materials of the 15th International Scientific Conference. Global Precision Ag Innovation 2022, Rostov-on-Don, 02–04 марта 2022 года. Vol. 575. – Rostov-on-Don: Springer Cham, 2023. – P. 150-160. – DOI 10.1007/978-3-031-21219-2_15.

6. Система контроля качества монолитных конструкций неразрушающими методами при организации строительства жилых зданий / *А. А. Ланидус, Д. В. Тончий, Т. Х. Бидов, И. М. Чахкиев.* – Москва : Издательство АСВ, 2022. – 110 с. – (Управление жизненным циклом объектов строительства). – ISBN 785432304179.

7. *Бидов, Т. Х.* Формирование производственно-технологических модулей / *Т. Х. Бидов, Р. Т. Аветисян* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 496-498.

ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВЫСОТНЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ.

Основной причиной возведения большинства высотных зданий является увеличение населения городов и уменьшение доступных земельных площадей для новых строений. Современные высотные сооружения выступают в качестве престижных объектов строительства с особой архитектурной значимостью, отражая научные и технические инновации в области строительства. Их уникальные особенности выделяют их среди прочих строений. Это проекты, которые не только демонстрируют престиж, но и отражают текущий научно-технический прогресс и применение инновационных технологий. Фасады высотных зданий и сооружений не могут быть выполнены из камня или бетона из-за огромной нагрузки на несущие конструкции. Благодаря использованию гнутых конструкций стекло может принимать практически любую форму, что позволяет воплотить самые смелые архитектурные концепции. Кроме того, стеклометаллические конструкции монтируются снаружи здания на специальный каркас, что увеличивает полезное пространство помещений и обеспечивает экономическую эффективность. Именно поэтому большинство современных небоскребов имеют стеклянные фасады, которые облегчают несущие конструкции, экономят пространство, снижают затраты на строительство и создают приятную атмосферу внутри [1-2].

Для остекления высоких зданий и небоскребов используются различные системы. Одна из них - стоечно-ригельная система фасада, которая состоит из вертикальных стоек и горизонтальных ригелей, закрепленных светопрозрачным материалом. Она обеспечивает экономичность, надежность и долговечность, а также позволяет создать разнообразный внешний вид. Модульные фасады, в свою очередь, отличаются быстрым изготовлением и монтажом благодаря предварительной сборке блоков. Монтаж модульного фасада происходит на 60% быстрее, чем у стоечно-ригельной системы, что делает его предпочтительным выбором для остекления высотных зданий с большой площадью остекления, как, например, башня Лахта Центра в Санкт-Петербурге [2]. Спайдерное остекление, популярное из-за своей бескаркасной структуры, обеспечивает максимальное проникновение света и позволяет реализовать практически любой архитектурный дизайн. Оно характеризуется надежностью и долговечностью благодаря использованию высоколегированной стали для крепежа и обладает легкостью и воздушностью фасада. Вантовое остекление, подвида

спайдерного, отличается от последнего тем, что крепится на систему высокопрочных тросов, создавая гладкую и едва заметную поверхность фасада. Несмотря на все его преимущества, вантовое остекление также подходит для фасадов различной формы. Оно отличается от традиционного стоечно-ригельного метода крепления светопрозрачных элементов. При использовании этой технологии не требуется применять прижимные профили и декоративные планки, что делает фасад более легким визуально. Маленькие щели между элементами остекления заполняются специальным герметиком. Структурное остекление фасада обладает всеми преимуществами стоечно-ригельного остекления, а отсутствие видимых элементов крепления создает эффект сплошного полотна [3-4].

При проектировании оконных систем и выборе материалов следует уделить внимание следующим аспектам. Важна энергоэффективность, особенно на верхних этажах, где потери тепла выше, и неправильные решения могут существенно увеличить расходы на отопление, затрудняя поддержание комфортной температуры зимой. Поэтому для светопрозрачных конструкций рекомендуется использовать стеклопакеты с низким коэффициентом теплопередачи и специальные теплосберегающие покрытия. Важен также аспект прочности, особенно для конструктивных элементов на высоте, подверженных сильному механическому воздействию, такому как ветер, что может привести к большей нагрузке и деформации по сравнению с элементами на нижних этажах. По этой причине применяются стекла повышенной прочности, такие как закаленное и бронированное стекло [5-6]. Закаленное стекло в 4-5 раз прочнее обычного, и в случае повреждения распадается на мелкие осколки, не представляющие опасности для человека. Кроме того, для защиты от перегрева помещений, находящихся за стеклянными фасадами на высоте, применяются рефлекторные стекла и современные multifunctional покрытия. Эти покрытия не только блокируют до 99% ультрафиолетового излучения, но и улучшают прочность стекла и его устойчивость к ударам. Такие multifunctional покрытия представляют собой отличный вариант для остекления высотных зданий. Безопасность является одним из основных требований при остеклении зданий. Рекомендуется использовать многослойные ударопрочные стекла или стеклопакеты с триплексом, который способен предотвратить возможность травмирования людей острыми осколками стекла [7].

В последние годы остекление фасадов высотных зданий стало все более популярным благодаря его характеристикам, таким как безопасность, прочность, долговечность, эстетичность и экономичность. Производство и установка современного остекления требуют особой ответственности и соблюдения всех стандартов и мер безопасности. Для

обеспечения наилучших условий для людей стеклянные фасады постоянно совершенствуются, и появляются новые технологии. В статье рассмотрены наиболее распространенные типы остекления высотных зданий. Выяснено, что модульные фасады обеспечивают быстроту установки при сохранении высокого уровня прочности и безопасности. Спайдерное остекление, в свою очередь, предпочтительно для достижения максимальной светопропускаемости фасада. Также рассмотрены стекла с регулируемой прозрачностью. Разнообразие вариантов и технологий фасадного остекления подчеркивает преимущества и перспективы его использования, а также способствует расширению сферы применения светопрозрачных фасадных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Магай А. А., Дубынин Н. В.* Светопрозрачные фасады высотных многофункциональных зданий // Вестник МГСУ. – 2010. – № 2. – С. 14-21.
2. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.
3. *Lapidus, A.* Regression analysis of the calculation of the organizational and technological potential for the production of cold weather concreting / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 072033.
4. *Бидов, Т. Х.* Систематизация производственно-технической документации при возведении монолитных конструкций жилых зданий в зимний период / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 466-471. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-2-466-471.
5. *Хубаев, А. О.* Мировая практика в области модульного строительства / *А. О. Хубаев, С. С. Саакян, Н. В. Макаев* // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 99-108.
6. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90.
7. *Lapidus, A.* Development software for the non-destructive control of monolithic structures in housing construction / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 февраля 2021 года. – Chelyabinsk, 2021. – DOI 10.1051/e3sconf/202125809003.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ МОНТАЖНЫХ РАБОТ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ С ФАСАДНЫМ ОСТЕКЛЕНИЕМ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСОКОЙ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

Современное строительство с фасадным остеклением предъявляет повышенные требования к технологичности монтажных работ для обеспечения высокой надежности конструкций. Одной из ключевых проблем является необходимость эффективного использования инновационных методов для повышения производительности и улучшения качества строительства [1-5].

Целью данного исследования является анализ и оценка инновационных методов, направленных на повышение технологичности монтажных работ при возведении зданий с фасадным остеклением. Задачи включают в себя изучение существующих методов монтажа, анализ их эффективности, оценку применения новых материалов и технологий, а также оценку надежности конструкций [6-8].

Традиционные методы монтажа включают в себя использование металлических каркасов, применение крановой техники и ручного труда. Оценка эффективности этих методов осуществляется через анализ времени выполнения работ, затрат на ресурсы и возможные дефекты в конструкциях. Оценка эффективности включает анализ применения традиционных методов с учетом требований к современным строительным проектам. Выявление преимуществ и недостатков позволяет определить области для внедрения инноваций.

Таблица 1

Сравнение традиционных и инновационных материалов

Параметр	Традиционные материалы	Инновационные материалы
Прочность	Средняя	Высокая
Вес	Высокий	Низкий
Формовка	Ограниченная	Гибкая
Скорость монтажа	Средняя	Высокая

Исследование включает в себя анализ применения новых строительных материалов, таких как усиленные композиты, а также использование передовых технологий, например, 3D-печать элементов конструкций.

Исследование направлено на изучение возможностей цифровизации и автоматизации монтажных работ. Это включает в себя применение роботов, дронов, а также цифровых систем управления процессами монтажа [9-11].

Одним из инновационных подходов является использование легких композитных материалов, таких как армированные стекловолокном панели. Эти материалы обладают высокой прочностью при небольшом весе, что снижает нагрузку на несущие конструкции здания. Применение таких материалов позволяет ускорить процесс монтажа и улучшить общую структурную эффективность. Технология 3D-печати стекла предоставляет возможность создания сложных и индивидуальных форм для фасадного остекления. Это не только повышает эстетику здания, но и облегчает монтаж, поскольку элементы могут быть созданы с учетом конкретных параметров конструкции. Применение BIM в строительстве фасадного остекления позволяет создавать виртуальные 3D-модели зданий, интегрируя в них все необходимые данные о конструкции. Это сокращает риск ошибок при монтаже, улучшает планирование и координацию, а также оптимизирует расход материалов. Внедрение роботизированных систем для выполнения монтажных работ может повысить точность и скорость установки стекла. Роботы могут автоматически выполнять сложные задачи, такие как подъем и точная установка стеклянных панелей, что способствует повышению эффективности работ. Традиционные методы монтажа, хоть и имеют свои преимущества, ограничивают скорость и точность работ, а также подвергают работников определенным рискам. В то время как инновационные подходы, такие как использование легких композитов, 3D-печать стекла, цифровизация и роботизированные системы монтажа, позволяют улучшить эффективность, безопасность и точность монтажных работ. Новые материалы и технологии способны повысить надежность конструкций, обеспечивая при этом устойчивость к различным воздействиям окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кузнецов А. В.* Новые тенденции и технологии в развитии светопрозрачных конструкций при проектировании общественных зданий //Современные инновации. – 2018. – №. 2 (24). – С. 82-83.
2. *Миропольский П. С.* Особенности остекления высотных зданий //Инженерные исследования. – 2021. – №. 2 (2). – С. 24.
3. *Селезнева Ж. В., Солопова Н. А.* СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ //Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии. – 2023. – С. 1123-1128.

4. A systematic approach to technical inspection of construction projects / *S. I. Ekba, A. E. Borovkova, D. M. Nikolenko, D. Koblyuk* // E3S Web of Conferences : International Scientific Siberian Transport Forum - TransSiberia 2023, Novosibirsk, Russia, 16–19 мая 2023 года. Vol. 402. – Novosibirsk, Russia: EDP Sciences, 2023. – P. 07003. – DOI 10.1051/e3sconf/202340207003. – EDN EВОННQ.

5. *Котлярова Е. В., Валерко К. О.* Современные решения фасадного остекления жилых и общественных зданий // НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ И ИННОВАЦИИ: сборник статей. – 2016. – С. 180.

6. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037.

7. Интенсификация процессов вакуумирования керамзитобетона / *А. А. Ланидус, В. Д. Копылов, А. Е. Степанов, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2016. – № 14. – С. 233-238.

8. Организационно-технологические решения, влияющие на результативность возведения монолитных конструкций при организации строительства жилых зданий и сооружений / *Т. Х. Бидов, М. А. Котляров, Г. Г. Ахвердашвили [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 6. – С. 175-182.

9. *Хубаев, А. О.* Мировая практика в области модульного строительства / *А. О. Хубаев, С. С. Саакян, Н. В. Макаев* // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 99-108.

10. Modern Russian high-tech construction materials and their application in domestic construction industry (on example of metal-ceramic panels Hardwall) / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Bzhienikov, V. Nesterova* // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol. 365, 3. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 032005. – DOI 10.1088/1757-899X/365/3/032005.

11. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071.

12. Разработка методики совершенствования научно-технического сопровождения на основе нейронного моделирования / *Т. Х. Бидов, М. Х. Кангезова, А. С. Петрова, А. П. Гришина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 4. – С. 56-60. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-4-56-60.

Студент 3 курса 17 группы ИПГС Ратушинов Д.А.

Студент 3 курса 17 группы ИПГС Сухоруков А.Е.

Научный руководитель – преподаватель каф. ТОСП, Д.Д. Бабушкина

ОСОБЕННОСТИ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА

Капитальный ремонт зданий и сооружений — это процесс, требующий значительных финансовых и временных затрат [1]. Планирование и управление затратами играют ключевую роль в успешном выполнении таких проектов. Одним из важных аспектов этого процесса является ценообразование. В данной статье мы рассмотрим особенности ценообразования при проведении капитального ремонта.

Оценка объема работ является одним из ключевых этапов капитального ремонта, определяющим общие затраты на проект. Для достижения точности и надежности оценки следует учитывать несколько важных аспектов:

Анализ технической документации: Первым шагом при оценке объема работ является анализ доступной технической документации, такой как чертежи, спецификации и технические отчеты. Эти документы содержат информацию о текущем состоянии объекта, его характеристиках и требованиях к ремонту.

Осмотр объекта: Осмотр объекта проводится специалистами для более точной оценки состояния и объема работ. В ходе осмотра выявляются скрытые дефекты, которые могут потребовать дополнительных затрат на ремонт.

Определение материалов и ресурсов: для выполнения работ необходимо определить не только тип и количество требуемых материалов, но и объем необходимых ресурсов, таких как рабочая сила, оборудование и техника.

Оценка трудозатрат: Определение трудозатрат является важным компонентом оценки объема работ. Это включает в себя оценку времени, необходимого для выполнения каждого этапа работ, и количество работников, требующихся для их выполнения.

Учет изменений и дополнений: В процессе оценки объема работ необходимо учитывать возможные изменения и дополнения, которые могут возникнуть в ходе выполнения проекта. Гибкость и адаптивность при оценке объема работ позволяют успешно управлять проектом и минимизировать риски [2].

Все эти аспекты в совокупности обеспечивают более точную и надежную оценку объема работ, что является основой для последующего формирования сметы и определения цены на капитальный ремонт.

Расчет сметы так же немаловажен при учёте ценообразования в капитальном ремонте. Он представляет собой подробный анализ затрат на выполнение работ и составление документа, отражающего оценочную стоимость проекта. Важными аспектами этого процесса являются:

Анализ стоимости материалов: Расчет сметы начинается с анализа стоимости необходимых материалов для проведения капитального ремонта. Это включает в себя цены на строительные материалы, оборудование, инструменты и другие ресурсы, необходимые для выполнения работ.

Оценка затрат на труд: для составления сметы необходимо оценить затраты на рабочую силу. Это включает в себя определение количества человеко-часов, требующихся для выполнения каждого этапа работ, а также стоимость труда с учетом квалификации и региональных стандартов оплаты труда.

Учет накладных расходов: помимо стоимости материалов и труда, смета должна включать расчет накладных расходов, таких как аренда оборудования, транспортные расходы, административные издержки и прочие непрямые затраты, связанные с выполнением работ [3].

Формирование прибыли и рисков: В смету также включается компонент прибыли, который позволяет исполнителю получить вознаграждение за выполненные работы. Кроме того, в смету могут быть включены дополнительные затраты на резервы и риски, связанные с возможными изменениями в условиях проекта или рыночной конъюнктуре.

Проверка и коррекция сметы: после составления сметы необходимо провести ее проверку на предмет корректности и полноты. Возможно, потребуется внести корректировки в зависимости от изменений в условиях проекта или выявленных ошибок в расчетах.

Тщательный и компетентный расчет сметы является важным шагом при ценообразовании капитального ремонта, поскольку от его точности зависит успешное выполнение проекта и удовлетворение требований заказчика [4].

Каждый капитальный ремонт имеет свои уникальные особенности и требования, которые необходимо учитывать при ценообразовании. Важно адаптировать подход к формированию цены в зависимости от типа и сложности выполняемых работ. Рассмотрим несколько ключевых аспектов, которые следует учитывать:

Тип и состояние объекта: Различные типы зданий и сооружений требуют разного подхода к ремонту. Например, капитальный ремонт жилого дома может отличаться от ремонта коммерческого здания или промышленного объекта. Кроме того, состояние объекта также влияет на

стоимость работ: более старые и изношенные здания могут требовать дополнительных затрат на восстановление.

Специализированные работы: Некоторые виды капитального ремонта требуют использования специализированных материалов и оборудования, что может существенно повлиять на стоимость проекта. Например, ремонт кровли с использованием новых технологий или реставрация античных элементов архитектуры.

Требования заказчика: Учет индивидуальных требований заказчика также играет важную роль при ценообразовании. Некоторые заказчики могут предпочитать использовать экологически чистые материалы или выполнить работы с минимальными нарушениями жизнедеятельности объекта [5].

Особенности местности и климатические условия: Расположение объекта ремонта также может оказать влияние на стоимость работ. Например, ремонт объектов в северных регионах с холодным климатом может требовать дополнительных изоляционных материалов для защиты от замерзания, что повышает общие затраты на проект.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037. – DOI 10.1051/e3sconf/20199706037.

2. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_86.

3. *Хубаев, А. О.* Анализ и сбор данных для проведения капитального ремонта в России / *А. О. Хубаев, Б. Р. Долов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 7. – С. 625-628. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-7-625-626.

4. *Lapidus, A.* Organizational and technological solutions justifying use of non-destructive methods of control when building monolithic constructions of civil buildings and structures / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // MATEC Web of Conferences, Moscow, 14–16 ноября 2018 года. Vol. 251. – Moscow: EDP Sciences, 2018. – P. 05014. – DOI 10.1051/matecconf/201825105014.

5. *Хубаев, А. О.* Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / *А. О. Хубаев, Р. А. Байчоров, А. А. Урусов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОЧНЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ В ВЫСОТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Сегодня, в условиях стремительно меняющегося мира, повышенных требований к срокам выполнения проектов и контроля качества, ускорение процессов строительства высотных сооружений становится неотъемлемой частью успешной реализации любого строительного проекта. Высотное строительство находится в стадии активного развития, что приводит к появлению все большего количества небоскребов в городах и определяет их архитектурный облик. Быстрое строительство требует инновационных подходов, современных технологий и использования передовых материалов, позволяющих сократить время строительства, при этом не уступая в качестве и надежности конечного результата.

Одним из ключевых аспектов проектирования высотных зданий является оформление фасадов, которое должно сочетать в себе эстетические, климатические и конструктивные требования. Поэтому особенно важным становится выбор материала и конструкции для будущего фасада. [1-2].

Эта технология представляет собой инновационные ограждающие конструктивные элементы, состоящие из отдельных металлических профилей, образующих плоский каркас, который в свою очередь заполняется утеплителем и облицовывается различными декоративными материалами, образуя непрозрачную часть, а прозрачная часть подразумевает заполнение каркаса стеклопакетами [3].

Все конструкции изготавливаются в производственных цехах, что значительно ускоряет и упрощает процесс монтажа, улучшает качество и упрощает контроль сборки конструктивных элементов.

Рассмотрим преимущества данной фасадной системы:

1. Простой и быстрый монтаж до 200 м². При установке на стальные и бетонные конструкции возможна разработка различных типовых и нетиповых узлов примыкания. Не требует промежуточных опор на длине до 6 метров, а также не требует наличия несущего основания и «мокрых работ» на объекте.

2. Пожаробезопасность. Полностью негорючее решение (К0).

3. Увеличение полезной площади на 11% в сравнении со стандартными решениями.

4. Герметичность. Стык модулей надежно защищен EPDM уплотнителем и декоративным алюминиевым профилем.

5. Коррозионная стойкость. Уникальный скругленный угол, обеспечивает коррозионную стойкость фасадного элемента. Отсутствие разрезов не позволяет агрессивной среде разрушить целостность изделия.

Блочный фасад отличается от стоечно-ригельного в том, что на объект поставляют уже готовый фасадный блок в сборе, а не элементы конструкции (стойки, ригели, стеклопакеты) в разобранном виде. Монтаж таких блоков ведется изнутри помещения, без использования строительных лесов. Блоки поднимаются подъемным устройством на нужный этаж, и монтируются изнутри на специальные, заранее установленные кронштейны. Высота одного блока соответствует высоте этажа и расстоянию между перекрытиями [4-6].

Стоимость элементного фасада незначительно выше традиционного стоечно-ригельного, за счет его большей металлоемкости, но эти затраты окупятся экономией на строительных лесах и сроках производства монтажных работ. Также следует обратить внимание, что типовые модули изготавливаются на производстве, под контролем ОТК изготовителя. Стоечно-ригельные фасады собираются в единую конструкцию на объекте силами монтажных бригад. Монтажные работы часто производятся в некомфортных погодных условиях. В связи с этим, в подавляющем большинстве случаев, можно утверждать, что качество изготовления и монтажа модульных фасадов более стабильно [7-10].

На основе проведенного исследования можно сделать выводы о том, что для возведения высотного здания наиболее подходящим вариантом является фасад из блочно-фасадных систем. Применение фасадных платформ при монтаже блочных систем позволяет исключить потребность в таких вспомогательных грузоподъемных устройствах, как башенный кран, использование которого будет нецелесообразным из-за необходимости отрывать его от монолитных работ на этажах, расположенных выше. Блочно-фасадные системы подразумевают отсутствие возможности распространения пламени по поверхности ограждающих конструкций и ограничивают нагрев теплоизолирующего материала.

С точки зрения архитектурных соображений блочно-фасадные системы имеют широкий спектр форм и решений по сравнению с стоечно-ригельными конструкциями, а их стоимость отличается совсем незначительно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вернин Н.А., Грузков А.А., Матвиенко В.Д., Соляник П.Е.* Особенности проектирования высотных зданий // *Инновации и инвестиции.* 2020. № 11. С. 205-208.

2. Гранкина Д.В., Васильева Д.К., Тютина А.Д., Мартиросян А.Г. Применение современных фасадных строительных материалов при проектировании высотных зданий // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1 (52). С. 102.

3. Инновации использованные в башне Эволюция в Москва-Сити [Электронный ресурс], URL: <http://fasad-rus.ru/>

4. Modern Russian high-tech construction materials and their application in domestic construction industry (on example of metal-ceramic panels Hardwall) / A. Khubaev, T. Bidov, A. Bzhienikov, V. Nesterova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 21, Construction - The Formation of Living Environment, Moscow, 25–27 апреля 2018 года. Vol. 365, 3. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 032005. – DOI 10.1088/1757-899X/365/3/032005.

5. Хубаев, А. О. Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / А. О. Хубаев // Перспективы науки. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.

6. Ланидус, А. А. повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / А. А. Ланидус, А. О. Хубаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26

7. Бидов, Т. Х. Перспективы формирования методики по повышению эффективности возведения зданий и сооружений из трубобетонных конструкций / Т. Х. Бидов, С. А. Ковалева, М. И. Магомедов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 120-126.

8. Бидов, Т. Х. Оптимизация процессов, связанных с производством земляных работ, при строительстве здания методом "up-down" / Т. Х. Бидов, В. С. Коновалов, К. С. Байсякина // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 246-254.

9. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.] // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_100.

10. Ланидус, А. А. повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / А. А. Ланидус, А. О. Хубаев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 5. – С. 18-26

ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ ПОДЪЕМА ЭТАЖЕЙ

В мире современного строительства постоянно ищутся инновационные подходы, позволяющие ускорить процесс возведения зданий и сделать его более эффективным. Один из таких методов – подъем этажей. Хотя он и не новый, но все еще вызывает интерес и находит широкое применение в городском строительстве.

В конце 1950-х годов в Японии столкнулись с проблемой ограниченности доступного пространства для строительства из-за быстрого населенного роста и ограниченных земельных ресурсов. В ответ на эту проблему инженеры и архитекторы разработали инновационный метод строительства - подъем этажей многоэтажных зданий. Он стал ключевым фактором в развитии японской городской инфраструктуры и с тех пор нашел широкое применение в строительной индустрии по всему миру. В СССР метод подъема этажей многоэтажных зданий стал активно использоваться в 1960-х годах. Это было связано как с необходимостью эффективного использования доступной земли в городах, так и с желанием ускорить темпы строительства жилья в период интенсивной городской индустриализации и массового строительства. [1].

Переходя к ключевым характеристикам метода подъема этажей, рассмотрим его основные принципы.

Сущность такого строительства заключается в устройстве на фундаментной плите или отдельно стоящих фундаментах направляющих в виде железобетонных или металлических колонн, ядер жесткости или других опорных конструкций, изготовлении пакета железобетонных перекрытий на уровне земли, подъеме с помощью домкратов и закреплении плит на проектных отметках, соответствующих положению этажей.

После подъема плиты чердачного перекрытия, на которой уже смонтировано покрытие, производится монтаж различных элементов этажа на уровне земли. Они включают в себя ограждающие и внутренние стеновые конструкции, лестничные марши и площадки, санузлы, коммуникации. Затем готовый к подъему этаж поднимается на соответствующую отметку с помощью домкратов и закрепляется на ней. Такой же порядок действий повторяется при монтаже каждого последующего этажа, обеспечивая последовательное и эффективное продвижение процесса строительства [2].

Метод целесообразно использовать для зданий этажностью от 5 до 9 из-за необходимости установки очень большого количества тяг для подъема смонтированного этажа.

Основная его выгода заключается в его способности сократить время строительства и улучшить его эффективность. Поскольку монтаж и подъем конструкций происходят параллельно с отделочными работами, значительно сокращается время выполнения проекта. Кроме того, возможность снижения затрат на строительство и экономия ресурсов делают его привлекательным для различных проектов.

Данный метод имеет как достоинства, так и недостатки. Перечислим их:

1. Отсутствие необходимости башенных кранов.
2. Не требуется опалубка для перекрытий.
3. Сокращение трудозатрат и сроков строительства.
4. Улучшение условий труда и безопасности [3].

Недостатками данного метода возведения зданий могут быть:

1. Высокие требования к квалификации.
2. Использование сложной техники.
3. Сложное определение трудозатрат и сметной стоимости [4].

Рассмотрим компанию, которая использовала эту методику совсем недавно.

Компания LIFTbuild представляет инновационную технологию строительства, позволяющую осуществлять возведение зданий методом подъема этажей. Проект Exchange, разработанный бюро Ghafari Associates и расположенный вблизи центра Детройта, является примером успешной реализации такого вида строительства. Первые два этажа здания предназначены для коммерческих и офисных целей, а оставшиеся 14 служат жилыми помещениями. При осмотре стройки сразу бросается в глаза ее уникальная архитектура, напоминающая избушку на курьих ножках. Каждый этаж здания предварительно собирался на земле вокруг двух бетонных опор и затем поднимался на свое место. Со стороны кажется рискованным, но разработанная технология LIFTbuild обеспечивает безопасность рабочих, сокращает время завершения проекта и оптимизирует использование пространства первого этажа

Каждый компонент здания стандартизирован и устанавливался по мере готовности. Перед установкой гидроизоляционного пола верхнего этажа на строительную площадку прибывает сборочная бригада, которая поднимает его на высоту от 20 до 26 метров для подключения электрических и сантехнических систем. Установка каждого этажа занимает от 9 до 10 дней. Весь процесс возведения здания Exchange был завершен чуть более чем за один год, при этом общая стоимость проекта составила 64 миллиона долларов [5]. Современные методы подъема

этажей представляют собой передовые технологии, которые в настоящее время, учитывая развитие цифровизации, компьютеризации и BIM-моделирования, способны значительно увеличить скорость и эффективность строительства в десять раз. Безопасность при этом также является важным аспектом, поскольку строительство осуществляется без использования строительных лесов и выполнения сварочных работ на высоте. Более того, эти методы подъема этажей разработаны для использования на территориях с высоким уровнем сейсмической активности до 7 баллов.

Таким образом, применение технологии подъема этажей не только позволяет быстро возвести многоэтажное здание, но также может быть эффективно использовано при ликвидации последствий военных действий и природных катастроф, включая техногенные и природные бедствия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // Перспективы науки. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.

2. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.

3. Анализ трудоемкости ремонтных работ в разных странах / *Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Т. К. Кузьмина* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 86-90.

4. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_100.

5. Разработка методики совершенствования научно-технического сопровождения на основе нейронного моделирования / *Т. Х. Бидов, М. Х. Кангезова, А. С. Петрова, А. П. Гришина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 4. – С. 56-60. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-4-56-60.

*Студенты 3 курса 15 группы ИПГС Фадин А. А., Баженин А. Б.
Научный руководитель – директор НОЦ КТОС, канд. тех. наук, Т.Х.
Бидов*

АВТОМАТИЗАЦИЯ И РОБОТИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

В наше время технологии развиваются огромными темпами. К примеру, использование БПЛА в строительстве уже вряд ли вызовет удивление. "Роботизация, активно внедряющаяся в промышленности, сегодня находит свое применение и в строительной отрасли, - отметил доцент департамента стратегического и инновационного развития Финансового университета Михаил Хачатурян. И вот, в 2021 году был представлен новейший робот-укладчик Nadrian X с производительностью до 1000 кирпичей в час, способный работать круглосуточно. В нём используется система технического зрения с лазерными дальномерами. Обеспечивается автоматическая подача строительного раствора и кирпичей по встроенным в стрелу рукаву и конвейеру соответственно. Стрела длиной 30 м (28 м у прототипа Nadrian 105) позволяет роботу оставаться неподвижным во время сооружения небольших строений [1-3].

Робот получает задание в виде 3D-моделей, сформированных в архитектурных программах. Ему достаточно задать форму здания и тип кладки, точное положение каждого кирпича робот рассчитывает самостоятельно. Робот автоматически наносит раствор на каждый строительный блок [4]. Предусмотрена возможность закладки отверстий под электророводку или трубы. Робот может сканировать и резать строительные блоки, если это необходимо. Использование Nadrian X будет намного дешевле за счет экономии на шпаклевке и рабочей силе, а точность и скорость работы повысится в разы [5].

Роботизированная сварка уже широко применяется в судо- и машиностроении и постепенно внедряется в строительную сферу. Робот-сварщик в компании Норникель — это пилотный проект завода строительных материалов, входящего в состав Норильского обеспечивающего комплекса. В Норильске реализуется сразу несколько крупных строительных проектов, что требует от завода повышения производительности и качества продукции. Помочь в этом призван японский промышленный робот Kawasaki. Робот сверхточен, он может выполнять любые виды сварки и резки, в том числе лазерную [6].

Конструкция состоит из трех роботов, двух сварочников и позиционера. Позиционер разделяет для безопасности зоны работы робота и человека и оберегает оператора от слепящих искр сварки. Два наклонных стола вращаются в горизонтальной плоскости и позволяют повернуть деталь в удобное положение, что увеличивает

производительность и скорость и улучшает качество шва. Эффект от применения робота — увеличение производительности примерно в три раза.

Аддитивное производство, или 3D-печать, — процесс создания трехмерных объектов практически любой геометрической формы на основе их цифровых моделей. Аддитивное производство — одно из наиболее перспективных направлений автоматизации. В основном 3D-принтеры могут изготавливать только каркас и стены. Однако в будущем с их помощью в здание смогут быть интегрированы также сантехнические и электроприборы [7].

Заранее подготовленная смесь загружается в бункер устройства и оттуда подается к головке принтера. Смесь наносится на поверхность площадки или предыдущие напечатанные слои. По такому принципу работает большинство строительных 3D-принтеров. Среди них различают три типа устройств:

- Портальные 3D-принтеры представляют собой конструкцию из рамы, трех порталов и печатающей головки. С помощью таких устройств можно печатать здания и по частям, и целиком — если они умещаются под аркой принтера.

- Устройства типа «дельта» не зависят от трехмерных направляющих и могут печатать более сложные фигуры. Здесь печатающая головка подвешивается на рычагах, которые крепятся к вертикальным направляющим.

- Роботизированные принтеры — это робот или группа роботов типа промышленного манипулятора, оснащенных экструдерами и управляемых компьютером [8].

Как правило, компоненты основного рабочего материала схожи с классическим составом бетонной смеси. Размер фракции определяет толщину и ширину слоя смеси, наносимого экструдером, в основном толщина слоя составляет 5-50 мм. Основные материалы для печати: пескобетон М400, М500, геопалимерный бетон, специализированные смеси. Могут использоваться даже такие биоразлагаемые материалы, как грязь, грунт, солома. При печати длинных стен в бетонную смесь вводят стеклянную и полиэфирную фибру, которая армирует бетон.

В качестве примера использования можно привести проект компании S-Squared. Дом площадью 177м² был построен с помощью принтера SQ4D всего за 8 дней, а общее время печати составило 48 часов. По данным компании, трудозатраты составили на 40% меньше по сравнению с обычными строительными технологиями. Для данного проекта потребовалось 3 человека на месте, что заменяет бригаду из более чем 20 рабочих.

Согласно отчёту Exactitude Consultancy, рынок строительной 3D-печати вырастет с 3420 миллиона долларов США в 2022 году до 376882,7 миллионов к 2030 году при среднегодовом темпе роста 80% в течение прогнозируемого периода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рынок строительства 3D-печати по методам строительства (порошковое склеивание, экструзия), конечный пользователь (инфраструктура, строительство) и регион, глобальные тенденции и прогноз с 2023 по 2030 год. URL:<https://exactitudeconsultancy.com/ru/reports/31829/3d-print-construction-market/#report-details>

2. *Шкуро, А.Е., Кривоногов П.С.* Технологии и материалы 3D-печати: учеб. пособие // Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. 4 с.

3. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // Перспективы науки. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.

4. Организационно-технологические решения, влияющие на результативность возведения монолитных конструкций при организации строительства жилых зданий и сооружений / *Т. Х. Бидов, М. А. Котляров, Г. Г. Ахвердашвили [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 6. – С. 175-182.

5. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_100.

6. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 385-390. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-12-385-391.

7. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_100.

8. Исследование градуировочных зависимостей, используемых при контроле прочности бетона неразрушающими методами / *А. А. Гончаров, Т. Х. Бидов, Г. Е. Трескина, Ю. Л. Беккер* // Научное обозрение. – 2015. – № 12. – С. 68-72.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОНОЛИТНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

На сегодняшний день все больше территорий России активно застраиваются. Развитие домостроения в условиях Арктики было выбрано приоритетным направлением указом Президента от 26 октября 2020 года «О стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» [1-2]. Благодаря данному документу строительство в условиях Арктики еще много лет будет популярным.

Существует много способов возведения зданий, но наиболее подходящий для условий Арктики – монолитный. Он имеет ряд крайне важных преимуществ:

Относительно короткие сроки возведения зданий [3];

Относительно небольшие затраты труда;

Возможность возведения на «проблемных» почвах благодаря тому, что они на 15-20% легче кирпичных [4];

Уменьшенная материалоемкость;

Большой срок эксплуатации.

Естественно, помимо вышеперечисленных плюсов, так же существует ряд проблем, связанных с монолитным домостроением в условиях низких температур.

Первая проблема возникает еще при транспортировке бетонной смеси к месту строительства объекта. Из-за погодных условий, отсутствия хороших дорог и большой удаленности строительной площадки почти невозможно обеспечить стройку высококачественной смесью [5].

Вторая проблема – укладка бетонной смеси. Частицы бетона примораживаются к арматуре из-за низких температур. Вследствие этого увеличивается вероятность возникновения трещин в конструкции.

Так же важно выбрать наиболее подходящий метод производства работ по бетонированию в условиях Крайнего севера. Их существует несколько:

Электропрогрев с применением греющего провода;

Электропрогрев электродами;

Паропрогрев;

Использование противоморозных добавок;

Метод «термоса».

Чтобы выбрать подходящий – рассмотрим преимущества и недостатки каждого способа:

1. Метод «термоса», Мин. Т воздуха -16°C

Плюсы:

- низкая себестоимость;
- несложный тех. процесс.

Минусы:

- неэффективность при особо низких температурах.

2. Противоморозные добавки, Мин. Т воздуха -25°C [6].

Плюсы

- нетоксичность;
- препятствует появлению высолов и выцветов на поверхности бетона;

Минусы:

- невозможность использования со щелочным цементом, силикатным кирпичом;
- необходимость применения замедлителей схватывания.

3. Паропрогрев

Плюсы:

- поддержание необходимых тепловлажностных условий для твердения бетона, Мин. Т воздуха -15°C [7].

Минусы:

- неравномерный прогрев конструкции;
- большой расход пара.

4. Электропрогрев электродами

Преимущества:

- низкая потребность в трудовых ресурсах (управлять этим методом могут всего 3 рабочих);
- простотой и быстрый монтаж

Минусы:

- высокие затраты электроэнергии;

Мин. Т воздуха -16°C

5. Электропрогрев с применением греющего провода, Мин. Т воздуха -15°C [8].

Плюсы:

- легкость монтажа.

Минусы:

- высокие затраты электроэнергии.

Север крайне важен для будущего нашей страны, поэтому будет активно застраиваться. А монолитное строительство наиболее удобный способ выполнить застройку земель в условиях Арктики. Так же, исходя из таблицы можно сделать вывод, что использование противоморозных добавок – самый удобный вариант для выполнения монолитных работ в условиях низких температур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Андреева А. А., Ахмадулина Т. В.* Перспективы развития Арктических регионов России в условиях цифровизации, Вестник Университета мировых цивилизаций, 2022. С. 85-89.
2. *Хубаев, А. О.* Исследование физических процессов, протекающих в обработанном вакуумом керамзитобетоне / *А. О. Хубаев* // Перспективы науки. – 2017. – № 11(98). – С. 43-47.
3. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 385-390. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-12-385-391.
4. *Латидус, А. А.* Формирование производственно-технологических модулей, обосновывающих использование методов неразрушающего контроля при возведении монолитных конструкций гражданских зданий / *А. А. Латидус, Т. Х. Бидов* // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 1(91). – С. 36-39.
5. *Бидов, Т. Х.* Разработка организационно-технологической модели потенциала устройства временного крепления стенок выемок при производстве работ нулевого цикла / *Т. Х. Бидов, Р. Т. Аветисян* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 12. – С. 427-431.
6. Анализ стоимости выполненных работ по капитальному ремонту общего имущества в многоквартирных жилых домах в субъектах Российской Федерации / *А. А. Латидус, Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, Д. М. Николенко* // Строительное производство. – 2023. – № 2. – С. 3-7.
7. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.
8. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З. Ф. Кайтуков, А. О. Хубаев* // Научное обозрение. – 2017. – № 15. – С. 39-43.
9. Антониади, В. Д. Пространственно-технологическая структура отдельных технологических процессов при ремонте фасада и кровли / *В. Д. Антониади, Д. Д. Антониади* // Строительство и архитектура. – 2023. – Т. 11, № 1. – С. 2.

Студент 2 курса 17 группы ИПГС Чистякова С. А.

Научный руководитель – старший преподаватель каф. ЖКК, Р.С.

Петросян

КВАЛИФИКАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ. ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Строительный процесс объединяет множество сфер. Что удовлетворить потребности каждой из них, ответственным лицам предстоит выбирать между различными аспектами с целью уменьшить затрачиваемые ресурсы и укоротить время реализации проекта. Для этого производятся многочисленные расчеты, на которых должны основываться принятые решения.

Корректная реализация строительных проектов невероятно важна. Ведь профессиональный подход к возведению зданий и сооружений обуславливает долговечность и безопасность эксплуатации. Для этого специалист должен обладать необходимыми и актуальными знаниями, которые он будет применять в производстве. Существует множество моделей, которые позволяют обратить внимание на потери и низкую эффективность работы по каждому измерению. Эти методики постоянно обновляются, и сотрудники могут их перенять с помощью повышений квалификации[1].

Руководителю необходимо нанимать специалистов, способных удовлетворить установленные цели. Этим занимаются инженерно-технические работники, организаторы технического процесса и руководители технических процессов [2]. ИТР-персонал — это квалифицированные специалисты, которые способны решать поставленные бизнес-задачи. Основными требованиями к инженерно-техническим работникам являются: наличие узкой специализации, высшее или среднее образование, наличие знаний в выбранной отрасли и связанных с ней областей производства, знание рынка сбыта производимых услуг или выпускаемой продукции, знание ведущих отечественных и зарубежных технологий производства, умение использовать их в своей работе.

Они занимают такие должности, как:

- Инженеры различных технических областей;
- Заведующие секциями, руководители групп, управляющие отделами и участками;
- Мастера, прорабы, бригадиры;
- Архитекторы, геологи, геодезисты, картографы;
- Нормировщики, диспетчеры;
- Бухгалтеры, энергетики.

Руководитель обязан быть компетентен в своей сфере деятельности. Работодатель, согласно четвертой части 196 статьи Трудового Кодекса РФ, обязан отправлять числящихся в штате его предприятия работников на повышение квалификации, если такое необходимо для полноценного выполнения ими должностных обязанностей. Наличие удостоверения о повышении квалификации является обязательным требованием для организации, которая должна вступить в СРО (саморегулируемые компании [3-4]. Для компаний, работающих в сфере строительства, членство в саморегулируемом объединении стало в соответствии с законом (Федеральный закон № 3150ФЗ «О саморегулируемых организациях») обязательным условием для осуществления профессиональной деятельности и заменило получение лицензий на строительство, проектирования и изыскания в прошлом. Чтобы заниматься строительством, инженерными изысканиями и проектированием, нужно 3 отдельных свидетельства от разных СРО о допуске к каждому из этих видов деятельности. С начала 2010 г. такая процедура полностью заменила собой государственное лицензирование, значительно упростив для строительных компаний процесс получения разрешения на работу [5-6].

Квалификационный аттестат подтверждает соответствие специалиста занимаемой должности по уровню образования. Повышение квалификации в соответствии с требованиями статьи 196 Трудового кодекса («Права и обязанности работодателя по подготовке и дополнительному профессиональному образованию работников») производится по распоряжению работодателя при наличии необходимости повышения квалификации в зависимости от уровня профессиональных знаний. Обучение возможно непосредственно на предприятии, в учебном центре, межотраслевых институтах, службе Ростехнадзора РФ. Для инженерно-технического работника существуют различные отрасли обучения, например, промышленная и пожарная безопасности, проектирование и инженерные изыскания. Такой работник становится более универсальным, он приобретает навыки, необходимые для качественного обслуживания и ремонта различных систем и конструкций [7].

Трудовой кодекс РФ содержит статьи, позволяющие работодателю требовать от сотрудника прохождения курсов повышения квалификации. Работодатели заинтересованы в получении ИТР высшего образования, регулярном прохождении курсов повышения квалификации строителей для СРО. Дополнительное профессиональное образование даёт ИТР возможность в течение короткого времени повысить уровень подготовки, ознакомить специалиста с новыми

разработками, позволяющими улучшить производственные процессы, что положительно повлияет на эффективность строительного проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 385-390. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-12-385-391.

2. Особенности разработки проекта организации строительства для объектов жилого назначения в рамках программы реновации / *Т. Х. Бидов, Р. С. Фатуллаев, А. О. Хубаев [и др.]* // Строительное производство. – 2022. – № 4. – С. 100-105. – DOI 10.54950/26585340_2022_4_100.

3. *Хубаев, А. О.* Использование нанотехнологий при изготовлении бетона / *А. О. Хубаев, Т. Х. Бидов* // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 902-904.

4. *Бидов, Т. Х.* Технологические решения по отделочным работам мест общего пользования при строительстве жилых многоэтажных зданий в городе Москве / *Т. Х. Бидов, А. О. Желтая* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 2. – С. 529-534.

5. *Fatullaev, R. S.* The Method of Mutual Use of the Labour Intensity of Finishing Works of Different Countries / *R. S. Fatullaev, T. Kh. Bidov* // Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles : Conference proceedings, St.Petersburg, 08–10 февраля 2022 года. Vol. 510-2. – Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2023. – P. 1231-1239.

6. *Бидов, Т. Х.* Организационно-техническое моделирование комплексной системы производства бетонных работ в зимний период при возведении жилых зданий / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, А. А. Шабанова* // Construction and Geotechnics. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 15-25.

7. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037.

Студент 3 курса 3 группы ИПГС Шевченко Н.В.

*Научный руководитель – ведущий научный сотрудник НОЦ КТОС,
канд. тех. наук, А.О. Хубаев*

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТА ПРОИЗВОДСТВА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Современная геодезия сталкивается с постоянным запросом к совершенствованию методов и технологий для повышения эффективности и точности геодезических измерений. В данном контексте использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) представляет собой перспективное направление, способное значительно изменить подход к выполнению геодезических работ. Научное исследование, представленное в данной статье, направлено на изучение особенностей формирования проекта производства геодезических работ с активным использованием БПЛА [1-4].

Беспилотные летательные аппараты предоставляют уникальные возможности в области съемки и обработки пространственных данных, что существенно расширяет границы традиционных методов геодезии. Отмечается их способность обеспечивать высокую мобильность, а также гибкость в выполнении сложных задач, таких как создание трехмерных моделей местности, выявление изменений в рельефе, и многие другие.

Рассмотрим основные шаги для создания топографической продукции масштабов 1:5000–1:500, которые обычно включаются в процесс формирования проекта геодезических работ с использованием БПЛА:

1. Определение целей проекта: Определение конкретных целей, которые должны быть достигнуты с использованием топографической продукции в масштабах 1:5000–1:500.

2. Выбор типа беспилотного летательного аппарата (БПЛА): Анализ характеристик различных БПЛА, выбор наиболее подходящего для поставленных задач (вместимость камер, дальность полета, устойчивость к метеоусловиям).

3. Планирование районов съемки: На данном этапе определяются границы аэрофотосъемки, точки взлета и посадки. Создаётся планово-высотное обоснование (ПВО), включающее несколько опознавательных знаков [5].

4. Разработка технических требований к оборудованию: Определение параметров камер (разрешение, угол обзора), геодезических приборов (GNSS, инерциальные системы).

Выбор дополнительных сенсоров и инструментов для выполнения специфических задач (например, лазерного сканирования).

5. Разработка плана полетов: Проектирование маршрутов полета с учетом требований к плотности съемки, перекрытию и ориентации фотографий. Расчет параметров полета, таких как высота полета, скорость, шаг съемки [6].

6. Обеспечение безопасности полетов: Разработка стратегии обнаружения и предотвращения аварийных ситуаций. Соблюдение законодательных требований и регуляций, связанных с использованием БПЛА [7].

7. Организация полевых работ: Подготовка БПЛА и геодезического оборудования к полевым работам. В процессе полевых работ определяются координаты опознавательных знаков и базы. Для этого можно использовать метод спутниковых определений в режиме кинематики (с фиксированным решением) относительно пунктов местности.

8. Проведение съемки: Выполнение полетов и съемки в соответствии с разработанным планом. Для построения полётного задания в программном продукте. В данном приложении осуществляется управление БПЛА, составляется маршрут, регулируется степень наложения кадров, скорость, параметры камеры и т. д.

Выполнение полетного задания происходит в автоматическом режиме и требует только наблюдения за выполнением на экране, а также наблюдения за сигналом приема данных с БПЛА.

9. Обработка полученных данных: Сбор данных с бортовых систем. Камеральная обработка результатов аэрофотосъемки (АФС) в программном продукте [8].

10. Контроль точности и выпуск результатов: после обработки результатов необходимо провести сравнение точности определения координат опознавательных знаков и базы, полученных по результатам аналитической фототриангуляции и геодезических работ. Определяются расхождения и средние квадратические ошибки (СКО) планового положения и высот опознавательных знаков и базы.

Вывод результатов в форме готовых топографических продуктов.

11. Документирование и отчетность:

Подготовка отчета о проделанных работах, включая технические характеристики использованных инструментов и параметры съемки.

В результате выявлены следующие особенности проведения работ:

1) необходимость использования замаркированных опознавательных знаков для контроля модели;

2) цифровые модели объектов, полученные с применением БПЛА, объективны (так как предоставляется изображение местности, а не векторные данные), их можно использовать для определения объемов;

3) использование БПЛА при проведении маркшейдерских работ позволяет выполнять их в кратчайшие сроки и обеспечивать требуемую точность выходных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методические рекомендации по производству аэрофототопографических работ с использованием беспилотных летательных аппаратов при изысканиях в целях строительства и реконструкции автомобильных дорог. ОДМ 218.9.017, 2019. — М., 2019.

2. Комплексное обследование объекта социального назначения для разработки проекта усиления конструкций здания / *Т. Х. Бидов, А. О. Хубаев, Р. С. Фатуллаев [и др.]* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2022. — № 12. — С. 385-390.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019661940 Российская Федерация. Расчет потенциала производства зимнего бетонирования при перепрофилировании промышленных объектов : № 2019660544 : заявл. 16.08.2019 : опубл. 12.09.2019 / *Д. В. Топчий, А. А. Ланидус, А. О. Хубаев.*

4. *Бидов, Т. Х.* Научно-техническое обеспечение строительства и проектирования уникальных зданий и сооружений на примере строительства большепролетных стадионов / *Т. Х. Бидов, А. П. Гришина, А. С. Петрова* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2023. — № 3. — С. 305-309.

5. Разработка методики совершенствования научно-технического сопровождения на основе нейронного моделирования / *Т. Х. Бидов, М. Х. Кангезова, А. С. Петрова, А. П. Гришина* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2023. — № 4. — С. 56-60. — DOI 10.24412/2071-6168-2023-4-56-60.

6. Анализ стоимости выполненных работ по капитальному ремонту общего имущества в многоквартирных жилых домах в субъектах Российской Федерации / *А. А. Ланидус, Р. С. Фатуллаев, Т. Х. Бидов, Д. М. Николенко* // Строительное производство. — 2023. — № 2. — С. 3-7.

7. A systematic approach to technical inspection of construction projects / *S. I. Ekba, A. E. Borovkova, D. M. Nikolenko, D. Koblyuk* // E3S Web of Conferences : International Scientific Siberian Transport Forum - TransSiberia 2023, Novosibirsk, Russia, 16–19 мая 2023 года. Vol. 402. — Novosibirsk, Russia: EDP Sciences, 2023. — P. 07003.

8. *Бидов, Т. Х.* Технологические решения по отделочным работам мест общего пользования при строительстве жилых многоэтажных зданий в городе Москве / *Т. Х. Бидов, А. О. Желтая* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2021. — № 2. — С. 529-534.

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КАМЕННЫХ РАБОТ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

В зимний период выполнение каменных работ становится вызовом из-за неблагоприятных погодных условий, таких как низкие температуры, снегопады и образование льда. Эти условия могут замедлить процесс строительства и повлиять на качество конечного продукта. В данной статье рассматриваются способы повышения технологичности производства каменных работ в зимний период, включая замораживание, использование противоморозных добавок и последующий прогрев [1-2].

Замораживание является одним из методов выполнения каменных работ в зимний период. Этот метод основан на использовании низких температур для замораживания воды в составе бетона или других строительных материалов. Замороженные материалы могут иметь улучшенную прочность и устойчивость к различным воздействиям. Однако, замораживание может привести к образованию микротрещин и другим дефектам в материале, что в конечном итоге может снизить его прочность и долговечность [3].

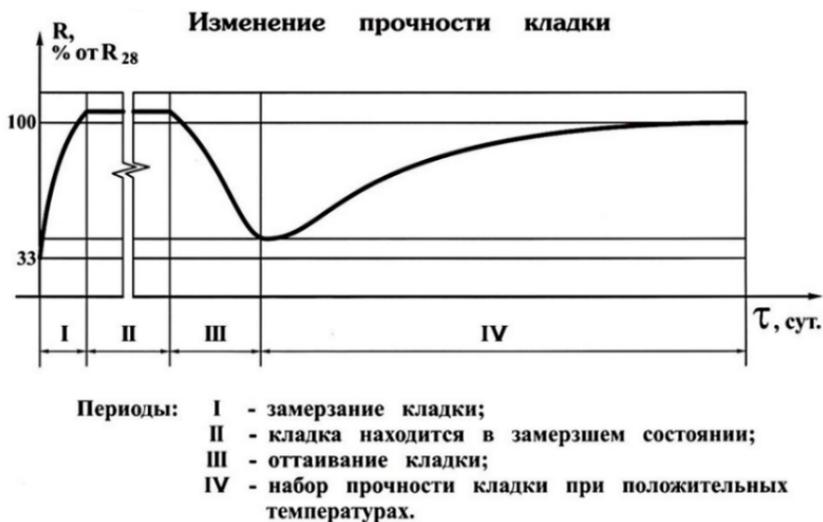


Рис. 1. Изменение прочности кладки. Метод замораживания
Противоморозные добавки добавляются в состав бетона или других строительных материалов для предотвращения их замерзания при

низких температурах. Эти добавки обеспечивают защиту от образования льда в порах материала, сохраняя его прочность и устойчивость к воздействию холода. Противоморозные добавки также могут улучшить работоспособность бетона и ускорить процесс его затвердевания, что способствует повышению производительности при выполнении каменных работ в зимний период. Последующий прогрев является методом, при котором выполненные каменные работы подвергаются тепловой обработке после их завершения. Этот метод позволяет ускорить процесс затвердевания и улучшить прочностные характеристики материала. Прогрев также способствует удалению избыточной влаги из материала, что предотвращает образование льда и микротрещин в процессе замораживания. Однако, необходимо учитывать, что неправильное применение тепловой обработки может привести к деформации или другим дефектам в каменной конструкции. В свете постоянного совершенствования строительных технологий, возможности повышения технологичности каменных работ в зимний период становятся все более разнообразными [4-5]. Исследования в области новых противоморозных добавок предоставляют перспективы для создания более эффективных и устойчивых строительных решений. Для предотвращения проблем, связанных с оттаиванием и твердением кладки в зимний период, принимаются ряд мероприятий. После завершения кладки каждого этажа устанавливают контрольные рейки для наблюдения за осадкой стен в течение зимы и весны. До начала потепления укрепляют стены и перемычки стойками, поддерживая их при помощи подклинивания. Временные стойки оборудуются дополнительными подкладками, обеспечивающими упругость при осадке стен. Перед наступлением оттепелей, кладка дополняется кирпичными закладками в незавершенных бороздах и гнездах [6]. При появлении теплой погоды, со строительных элементов убирают мусор и материалы, а также раскрепляют столбы и стены, превышающие в высоту свою толщину более чем в шесть раз. В случае кладки, выполненной способом замораживания или при искусственном прогреве, используются те же меры для контроля за напряженными участками конструкции и обеспечения ее устойчивости. Кроме того, контрольные образцы-кубы изготавливаются из того же раствора, что и для строительства, и хранятся в условиях, аналогичных условиям кладки. Эти образцы используются для оценки прочности кладки. Трещины на поверхности кладки маркируются маяками, и при необходимости проводятся дополнительные меры для предотвращения деформаций и обеспечения стабильности конструкции. [7]

Развитие технологических решений для каменных работ в зимний период открывает новые возможности для повышения эффективности и

устойчивости строительных процессов. Инновации в области противоморозных добавок и современных систем прогрева способствуют созданию более надежных и долговечных конструкций в условиях низких температур. Этот прогресс играет важную роль в современной индустрии строительства, обеспечивая оптимальные условия для реализации различных проектов в течение всего года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Lapidus, A.* Development of a three-tier system of parameters in the formation of the organizational and technological potential of using non-destructive testing methods / *A. Lapidus, A. Khubaev, T. Bidov* // E3S Web of Conferences : 22nd International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019, Tashkent, 18–21 апреля 2019 года. Vol. 97. – Tashkent: EDP Sciences, 2019. – P. 06037.
2. *Хубаев, А. О.* Системный анализ методов зимнего бетонирования при возведении монолитных жилых зданий и сооружений / *А. О. Хубаев, Р. А. Байчоров, А. А. Урусов* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 7. – С. 309-314
3. *Ланидус, А. А.* повышение эффективности производства зимнего бетонирования посредством применения программного обеспечения "potencial-cwc" / *А. А. Ланидус, А. О. Хубаев* // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020.– № 5. – С. 18-26
4. *Khubaev, A.* Analysis of physical and mechanical properties of vacuum treated claydite-concrete / *A. Khubaev, T. Bidov, A. Rybakova* // MATEC Web of Conferences, Rostov-on-Don, 17–21 сентября 2018 года. Vol. 196. – Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2018. – P. 04071.
5. *Khubaev, A. O.* Determination of the effectiveness of the production process of winter concreting based on field studies / *A. O. Khubaev* // E3S Web of Conferences : Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023), Chelyabinsk, 25–28 апреля 2023 года. Vol. 389. – Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. – P. 06012.
6. *Кайтуков, З. Ф.* Повышение качества мелкозернистого бетона / *З.Ф. Кайтуков, А.О. Хубаев* // Научное обозрение.–2017.– № 15.–С.39-43.
7. *Khubaev, A. O.* Determination of the effectiveness of the production process of winter concreting based on field studies / *A. O. Khubaev* // E3S Web of Conferences : Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023), Chelyabinsk, 25–28 апреля 2023 года. Vol. 389. – Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. – P. 06012.