



ИЦТМС

Институт
цифровых технологий
и моделирования
в строительстве

ДНИ СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУКИ

Сборник докладов научно-технической конференции
по итогам научно-исследовательских работ
студентов института цифровых технологий и моделирования
в строительстве НИУ МГСУ

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

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2024

ISBN 978-5-7264-3399-8

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2024

УДК 69+378

ББК 38

Д54

Д54 **Дни студенческой науки** [Электронный ресурс] : сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института цифровых технологий и моделирования в строительстве (г. Москва, 26 февраля – 1 марта 2024 года) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, институт цифровых технологий и моделирования в строительстве. — Электрон. дан. и прогр. (17 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2024. — URL: <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-3399-8

В сборнике содержатся доклады участников научно-технической конференции «Дни студенческой науки» по итогам научно-исследовательских работ студентов за 2023–2024 учебный год. В рамках конференции работали следующие секции института цифровых технологий и моделирования в строительстве НИУ МГСУ: «Высшая математика», «Математическое моделирование в строительстве и архитектуре», «Инженерная графика и компьютерное моделирование», «Информатика и прикладная математика», «Информационные системы, технологии и автоматизация в строительстве», «Сопротивление материалов».

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.*

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2024

Ответственный за выпуск *С.С. Федоров*

Институт цифровых технологий и моделирования в строительстве
(ИЦТМС НИУ МГСУ).
Тел.: +7 (499) 182-16-87
e-mail: ictms@mgsu.ru

Сайт: www.mgsu.ru

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2013, ПО Adobe Acrobat

Верстка макета *С.С. Федорова*

Подписано к использованию 27.04.2024. Объем данных 17 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет».
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.
Тел. (495) 287-49-14, вн. 14-23, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95.
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА»	5
СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»	48
СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АРХИТЕКТУРЕ»	91
СЕКЦИЯ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»	156
СЕКЦИЯ «ИНФОРМАТИКА И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА».....	289
СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»	339
СЕКЦИЯ «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»	573

**Секция
«Высшая математика»**

Аветикян В.А., студентка 4 курса 101 группы ИЦТМС
 Научный руководитель –
 доц., канд. физ. - мат. наук, доц. **М.П. Овчинцев**

ОБ ОЦЕНИВАНИИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЛИНЕЙНОГО НАИЛУЧШЕГО МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Пусть $K = \{z: |z| < 1\}$ -единичный круг, а $\Gamma = \{z: |z| = 1\}$ -единичная окружность. Обозначим через $B^1(K) = \{f(z): |f(z)| \leq 1 \forall z \in K\}$ - семейство функций, аналитических в единичном круге K (см. [1]-[2]). Пусть $z_0, z_1, z_2, \dots, z_n$ -различные точки, лежащие в K . Если $S(t_1, t_2, \dots, t_n)$ -любая комплексная функция, то $r_n(S) = \sup_{f(z) \in B^1(K)} |f(z_0) - S(f(z_1), f(z_2), \dots, f(z_n))|$ -погрешность приближения методом S значений $f(z_0)$ по значениям $f(z_1), f(z_2), \dots, f(z_n)$. Метод S_0 называется наилучшим методом приближения(восстановления), если $r_n(S) = \inf_S r_n(S)$. В работе [1, 3] установлено следующее: существует линейный наилучший метод приближения

$$S_0 = \sum_{k=1}^n C_k f(z_k)$$

(C_k -постоянные числа) и, кроме того, установлено, что

$$r_n(z_0, z_1, z_2, \dots, z_n) = \sup_{\substack{f(z) \in B^1(K) \\ f(z_1) = \dots = f(z_n) = 0}} |f(z_0)|, \quad (1)$$

где $r_n(z_0, z_1, z_2, \dots, z_n) = r_n(S_0)$.

Рассмотрим случай, когда ($n = 1$). Тогда линейный наилучший метод восстановления имеет вид $S_0 = C f(z_1)$, где C -постоянное число, а $f(z)$ -любая из функций, принадлежащая единичному шару $B^1(K)$. Вычислим погрешность наилучшего метода приближения и коэффициент C [1, 2]. Тогда (см. (1))

$$r_1(z_0, z_1) = \sup_{\substack{f(z) \in B^1(K) \\ f(z_1) = 0}} |f(z_0)|. \quad (2)$$

Обозначим через $A = \{f(z): f(z) \in B^1(K), f(z_1) = 0\}$ - семейство аналитических функций и через $B(z) = \frac{z-z_1}{1-\bar{z}_1 z}$ -функцию Мёбиуса [2]. Если $f(z) \in A$, то функция $g(z) = \frac{f(z)}{B(z)} \in B^1(K)$. Действительно, если $|z| = 1$, то $|B(z)| = 1$ и $|g(z)| = \frac{|f(z)|}{|B(z)|} = |f(z)| \leq 1$. То есть, любая функция $f(z)$ ($f(z) \in A$) имеет вид $f(z) = B(z) \cdot g(z)$, где $g(z)$ -любая функция из множества $B^1(K)$. Следовательно (см. (2))

$$r_1(z_0, z_1) = \sup_{\substack{f(z) \in B^1(K) \\ f(z_1)=0}} |f(z_0)| = \sup_{g(z) \in B^1(K)} |B(z_0) \cdot g(z_0)| = \\ |B(z_0)| \sup_{g(z) \in B^1(K)} |g(z_0)| = |B(z_0)|.$$

Найдём коэффициенты C . Напомним следующее равенство

$$\int_{\Gamma} \frac{|dz|}{|z - z_0|^2} = \frac{2\pi}{1 - |z_0|^2}, \quad (3)$$

(известное свойство ядра Пуассона).

Рассмотрим следующий интеграл

$$\frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{B(z_0)}{B(z)} \cdot \frac{1 - |z_0|^2}{(z - z_0)(1 - \bar{z}_0 z)} \cdot f(z) dz, \quad (4)$$

где $f(z) \in B^1(K)$. Если $|z| = 1$, то (см. (3))

$$\left| \frac{1}{2\pi i} \int_{\Gamma} \frac{B(z_0)}{B(z)} \cdot \frac{1 - |z_0|^2}{(z - z_0)(1 - \bar{z}_0 z)} \cdot f(z) dz \right| \\ \leq \frac{1}{2\pi} |B(z_0)| \int_{\Gamma} \frac{1 - |z_0|^2}{|z - z_0| |1 - \bar{z}_0 z|} |dz| \\ = \frac{1}{2\pi} |B(z_0)| \int_{\Gamma} \frac{1 - |z_0|^2}{|z - z_0|^2} |dz| = |B(z_0)|$$

Вычислим интеграл (4). Обозначим через $F(z) = \frac{B(z_0)}{B(z)} \frac{1 - |z_0|^2}{(z - z_0)(1 - \bar{z}_0 z)} f(z)$, ($f(z) \in B^1(K)$). Тогда

$$\operatorname{res}_{z \rightarrow z_0} F(z) = \lim_{z \rightarrow z_0} (z - z_0) \frac{B(z_0)}{B(z_0)} \frac{1 - |z_0|^2}{(z - z_0)(1 - \bar{z}_0 z)} f(z) = f(z_0),$$

Итак (см. (4))

$$\left| f(z_0) - \frac{(1 - |z_1|^2)(1 - |z_0|^2)}{|1 - \bar{z}_1 z_0|^2} f(z_1) \right| \leq |B(z_0)| \\ \operatorname{res}_{z \rightarrow z_1} F(z) = \lim_{z \rightarrow z_1} (z - z_1) \frac{B(z_0)}{\left(\frac{z - z_1}{1 - \bar{z}_1 z} \right) (z - z_0)(1 - \bar{z}_0 z)} f(z) = f(z) \\ = B(z_0) \lim_{z \rightarrow z_1} \frac{(1 - \bar{z}_1 z)(1 - |z_0|^2)}{(z - z_0)(1 - \bar{z}_0 z)} f(z)$$

при любой функции $f(z) \in B^1(K)$. Отсюда вытекает

$$C = \frac{(1 - |z_1|^2)(1 - |z_0|^2)}{|1 - \bar{z}_1 z_0|^2}. \quad (5)$$

Заметим, задачи оптимального восстановления различных классов функций рассматривались во многих работах [1,4,5].

Рассмотрим следующую задачу.

Пусть D - множество, лежащее в K . Мы хотим оценить величину $r_1(z_0, z_1)$ и $C = C(z_0, z_1)$ в любой точке $z_1 \in D$.

Пример. В качестве D рассмотрим область, ограниченную эллипсом. Пусть уравнение эллипса имеет вид [1, 6]

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1,$$

где $0 < b < a < 1$.

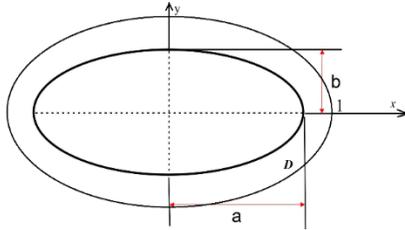


Рисунок 1

Положим $z_0 = 0$. Тогда $b \leq r_1(z_0, z_1) \leq a, \forall z_1 \in D$.

Из формулы (5) вытекает $C(z_0, z_1) = 1 - |z_1|^2$. Тогда $1 - a^2 \leq C(z_0, z_1) \leq 1 - b^2, \forall z_1 \in D$.

Библиографический список

1. *Овчинцев М.П.* Оптимальное восстановление ограниченных аналитических функций, заданных в полуплоскости по их значениям в конечном числе точек // Научно-технический вестник поволжья. № 7.2019 с. 54-58.
2. *Эйдерман В.Я.* Теория функций комплексного переменного и операционное исчисление. Москва, Юрайт. 2018. 2 – е издание. 25 с.
3. *Кусис П.* Введение в теорию пространств H^p . Москва, «Мир», 1984. 54-59.
4. *Осипенко К.Ю.* Наилучшее приближение аналитических функций по информации об их значениях в конечном числе точек. // Математические заметки. 1976. Т. 19. №1. с. 29 – 40.
5. *Акопян Р.Р., Сайдусайдов М.С.* Три экстремальные задачи в пространствах Харди и Бергмана аналитических функций в круге. Тр. ИММ УрО РАН, 23, № 3, 2017, 22 – 32.
6. *Акопян Р.Р.* Оптимальное восстановление аналитических в круге функции по ее неточно заданным значениям на части границы. Тр. ИММ УрО РАН, 22, №4, 2016, 29 – 42.

*Богатырёва С.А., Тарасевич А.А., Пуняева А.С.,
студенты 1 курса 56 группы ИАГ
Научный руководитель –
преподаватель Т.Ю. Познахирко*

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В АРХИТЕКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Архитектурное проектирование — это сложный и творческий процесс. Он требует учёта множества факторов, включая эстетику, функциональность и экономическую эффективность для создания зданий и сооружений. Однако в процессе проектирования иногда возникают сложности, связанные с определением оптимальных размеров, пропорций здания. Именно здесь математические методы могут представлять ценные инструменты для архитекторов. Математика и архитектура с давних времён были тесно связаны друг с другом. Основная задача проектирования была прочность и эффективность, а для этого были необходимы математические расчёты и знания. Поэтому люди тщательно изучали эту науку для постройки надёжных зданий. Пример этому являются очень старые сооружения по всему миру, которые сохранились до наших дней, такие как египетские пирамиды, Колизей, Сентинский храм (Карачаево-Черкесия Россия) и т.д.

С давних времен существует формула Витрувия, известная каждому: «Прочность – польза - красота». Архитектура всегда боролась с прочностью, пытаясь совладать с временем и силой тяготения. Сократ считал, что прекрасно то, что служит данной цели. И через 2000 лет в мире начали появляться одинаковые фасады из-за людей, которые концентрировались лишь на прочности. Теофил Готье сказал: «По-настоящему прекрасным является то, что ничему не служит». Скорее всего, те же мысли были и у фараонов. Доказательством тому могут служить пирамиды. Несмотря на то, что они величественны и грандиозны, они остаются бесполезными из-за малого внутреннего объема. Стоит отметить, что прочность пирамиды считается эталоном. Древнеегипетские жители из всех геометрических тел выделили четырехугольную пирамиду – самую устойчивую конструкцию [5]. Основное правило таких сооружений – уменьшение ее массы по мере увеличения ее высоты. В пирамидах также присутствуют другие важные проблемы архитектуры: пропорции и соотношения.

Со временем конструкции заменялись более новыми: стоечно-балочная превращалась в арочную, а последняя – в стрельчатую. Можно заметить, что при развитии сооружения усложнялась ее геометрия [1].

Чтобы определить место математики в архитектуре, нужно разобраться в их связях. Первое, что бросается в глаза, – точка, прямая и плоскость. Эти

понятия представляют из себя образ реальных вещей. Точку можно принять за здание, прямую – за луч света или балку. Также можно заметить, что аксиомы отражают реальность: через две точки на плоскости можно провести лишь одну прямую. Из точек и отрезков создаются фигуры на плоскости, а потом изучаются их свойства. На основе этих свойств составляются теоремы, описания и определения. Аналогично осуществляются построения в трехмерном пространстве при помощи плоскости, многогранников и углов.

При использовании других разделов математики, таких как теория множеств и логика, можно заметить другие связи, отражающие отношения по определенным правилам [3]. С помощью теории множеств можно создать такое множество, где отдельные элементы тесно связаны друг с другом. Если математика представлена в виде чего-то абстрактного, то архитектурные сооружения, наоборот, материальны, но на стадии разработки и постановки задачи являются такими же абстрактными. Нельзя не сказать про всеми нами известное Золотое сечение. В основе всего лежит пятиконечная звезда, которой более 3000 лет. Предполагают, что звездчатый пятиугольник привез Пифагор и сделал его символом не только дружбы, но и жизни.

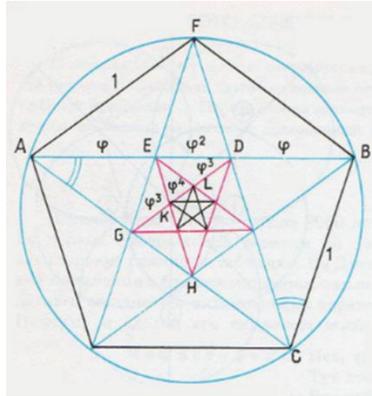


Рисунок 1 - Пятиконечная звезда

Когда мы делим окружность на пять частей, соединяя последовательно точки, то получаем правильный пятиугольник, диагонали которого образуют пятиконечную звезду. Внутри нее образуется правильный пятиугольник, диагонали которого опять дают звезду и так до бесконечности. Если мы будем рассматривать равнобедренные треугольники и их подобие, у нас получится пропорция: «целое» так относиться к большей части, как большая часть к меньшей [2]. Последовательность правильных пятиугольников и

вписанных в них звезд образует ряд золотого сечения. Если мы продолжим стороны правильного пятиугольника до пересечения, как показано на рисунке 1, то получим звезду, сторона которой находится со стороной исходного пятиугольника в золотом отношении.

Ряд является геометрической прогрессией. Однако из бесконечного множества таких прогрессий он отличается аддитивным свойством: сумма двух соседних членов ряда равна следующему члену ряда [4].

Именно благодаря такому свойству ряд золотого сечения играет важную роль в архитектуре. Даже когда мы смотрим на памятник, создается ощущение естественной красоты, несмотря на различное количество стилей и строительных приемов. Но если мы тщательно измерим их параметры, мы убедимся в том, что они создавались по правилу Золотого сечения. Конечно, существуют здания, которые отклонялись от правила Золотого сечения. К примеру, в Средневековье не соблюдали точные пропорции, а собор Парижской Богоматери возведен так, что общие пропорции не вписывались в золотой прямоугольник, но в более мелких деталях фасада золотое соотношение соблюдается.

Из всего вышеперечисленного следует вывод о том, что математические методы в архитектуре играют большую роль. Без нее великие произведения искусства не смогли бы дожить до наших дней и сохраниться практически в оригинальном виде. Благодаря математическим вычислениям и формулам проектирования здания становятся практичней и логичней. Геометрические фигуры создают оригинальный и завораживающий вид любому зданию и стилю. Для каждого архитектурного стиля свои геометрические решения. С течением времени и ростом новых технологий применение геометрических фигур и математических методов расширяются и дают больше возможностей для творения великих сооружений.

Библиографический список

1. *Волошинов А.В.* Математика и искусство. М.: Просвещение, 1992. 336 с.
2. *Гримм Г.Д.* Пропорциональность в архитектуре. Л; М: ОНТИ, 1935. 148 с.
3. *Фридман И.* Научные методы в архитектуре. М.: Стройиздат, 1983. 161 с.
4. *Шевелев И.Ш., Марутаев М.А., Шмелев И.П.* Золотое сечение. М.: Стройиздат, 1990.
5. *Михайленко В.Е.* Природа. Геометрия. Архитектура. 2-е изд., перераб. и доп. К.: Будивельник, 1988.

Васильева И.Э., студентка 1 курса 53 группы ИАГ
Научный руководитель -
доц., канд. техн. наук, доц. **В.С. Мавзовин**

КАК ФОРМИРОВАЛИСЬ НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСЧЕТА ОБЪЕМА ЗДАНИЙ: ОТ ДРЕВНОСТИ К СОВРЕМЕННОСТИ

Все здания в архитектуре требуют точного расчета объемов для успешного проектирования и строительства. В данной статье мы рассмотрим различные методы расчета объемов, начиная от традиционных подходов до современных техник и методов.

Традиционные методы включают ручные расчеты и использование математических формул. Они широко применялись в прошлом и до сих пор используются для оценки объемов в исторических зданиях.

Например, для определения объема сферического купола можно использовать элементарную формулу для объема шара:

$$V = \left(\frac{4}{3}\right) \times \pi \times r^3 \quad (1)$$

Первые попытки измерения объемов зданий могут быть отнесены к древним цивилизациям, таким как древние египтяне, греки и римляне. Они использовали математические методы и инструменты для определения размеров и объемов своих сооружений: пирамиды, храмы, амфитеатры [2]. Приведу примеры инструментов:

Теодолит- измерительный прибор, который используется для определения горизонтальных и вертикальных углов. Теодолиты были часто применяемы при строительстве больших зданий, мостов и других инженерных сооружений

Нивелир — это прибор для определения разности высот между уровнями земной поверхности

Такие методы требовали точности и внимательности со стороны строителей и архитекторов.

Один из первых архитекторов, который начал активно измерять объем здания и уделять большое внимание точности измерений, был Маркус Витрувий в I веке до н.э. В своем труде Витрувий подробно описывал стандарты и пропорции при строительстве, уделял внимание измерениям, расчетам объемов и геометрии сооружений [1].

Для более сложных форм, таких как купола или арки, архитекторы применяли различные другие математические формулы и аппроксимации. Интегральные и дифференциальные методы измерения объема здания являются более сложными способами [3].

Эти методы были основой для развития современных техник и технологий в области расчета объемов в архитектуре.

1. Интегральные методы:

- Метод площадей и высот: при использовании этого метода здание разбивается на элементарные геометрические фигуры (прямоугольники, треугольники и т.д.), для каждой из которых вычисляется площадь основания и высота. Затем объем здания суммируется интегрированием площадей по высоте.

Объем здания V вычисляется как сумма произведений площадей основания A_i на высоту h_i каждого элементарного объемного элемента:

$$V = \sum_{i=1}^n A_i \times h_i \quad (2)$$

- Метод слоев: Здание разделяется на горизонтальные слои, для каждого из которых определяется площадь основания и толщина слоя. Затем объем здания вычисляется интегрированием площадей слоев по вертикальной оси. Объем здания V определяется как интеграл от площади основания $A(z)$ по высоте z от $z = 0$ до $z = H$:

$$V = \int_0^H A(z) \quad (3)$$

2. Дифференциальные методы:

- Метод дифференциального измерения объема: этот метод используется для измерения неровных или нестандартных форм зданий.

Он основан на принципе дифференцирования объема по отношению к геометрическим параметрам (длина, ширина, высота).

Объем dV элементарного объемного элемента можно выразить через дифференциалы геометрических параметров:

$$dV = dL \times dW \times dH \quad (4)$$

Где dV – элементарный объем, $f(l, w, h)$ – функция, зависящая от длины l , ширины w и высоты h .

Методы, приведенные выше применяются в проектировании и строительстве зданий для измерения объема помещений, нестандартных уникальных форм. Они используются при проведении инженерных изысканий и определении стоимости строительства.

Таким образом, традиционные методы расчета объемов архитектурных сооружений включали в себя применение геометрических принципов, ручные измерения и математические формулы [5].

С развитием технологий появились новые подходы к расчету объемов. Программное обеспечение для моделирования и анализа позволяет проводить расчеты с еще более высокой точностью.

3D сканирование и обработка данных создают выверенные цифровые модели зданий.

Существует несколько современных методов измерения объема здания [5]. Некоторые из них включают в себя:

- Лазерное сканирование: этот инновационный подход к созданию трехмерных моделей зданий путем использования лазерного сканирования обеспечивает высочайшую точность измерений. Лазерные сканеры аккуратно измеряют расстояния и формируют облако точек, которое послужит основой для расчета объема здания
- Использование дронов с камерами и специализированным программным обеспечением позволяет создавать трехмерные модели зданий и измерять их объем.
- Трехмерное моделирование: с помощью специализированных программ для трехмерного моделирования возможно создать детальные 3D модели зданий и провести измерения их объема. Этот метод чаще всего применяется на данный момент.
- Использование технологии Building Information Modeling (BIM): BIM позволяет создавать цифровые модели зданий с точными данными о их геометрии и объеме.

Хочется подчеркнуть, что расчет объема – это неотъемлемый аспект в проектировании. Этот этап безусловна входит в планирование архитектором своего объекта, ведь в дальнейшем он будет влиять на эксплуатацию, жизненный цикл здания. Да, меняются технологии, но принципы у проектировщиков те же.

Библиографический список

1. *Лазарева А.Г.* «Строительство и дизайн» / А.Г. Лазарева. – Архитектура, строительство, дизайн: Учебник для студентов высших архитектурно-строительных учебных заведений. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. – 320 с
2. *Дегтярёв Г.В.* Расчет объемов работ на строительных объектах / Учеб. пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – 165 с.
3. *Тумаков Д.Н. Стехина К. Н.* Дифференциальные и интегральные уравнения. Численные методы решения / Учебно-методическое пособие. Казань. 2014. 35 с.
4. *Медер Э.А., Налбандян Ю.С.* Архитектура и математика синтез изобразительных искусств и науки. Математические начала формообразования / Учебно-методическое пособие. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Южный федеральный университет, 2020. – 107 с.
5. *Середович В.А., Комиссаров А.В., Комиссаров Д.В., Широкова Т.А.* Наземное лазерное сканирование: монография / Новосибирск: СГГА, 2009. – 261 с. – ISBN 978-5-87693-336-2.

Гольшиева М.И., Горячев И.С., Рослова А.И.,
 студенты 1 курса 56 группы ИАГ
 Научный руководитель –
 преподаватель **Т.Ю. Познахирко**

ЛЕНТА МЕБИУСА

Данная статья посвящена изучению такого топологического объекта, как лента Мебиуса. В статье поднимается вопрос о ее свойствах и актуальности в наши дни.

Лента Мебиуса – поверхность, представляющая собой одну из самых необычных геометрических фигур. Данный объект изучается таким разделом математики, как топология. Топология исследует свойства фигур и пространств, которые остаются неизменными при непрерывных деформациях, таких как растяжение, сжатие и изгиб. Эти изменения не приводят к разрывам или соединениям, сохраняя целостность объекта.

«Отцом» открывателем считается Август Фердинанд Мебиус. В 1858 году он опубликовал исследования об односторонних поверхностях. Он описал геометрическую поверхность, которая имеет необычное свойство: у нее только одна сторона.

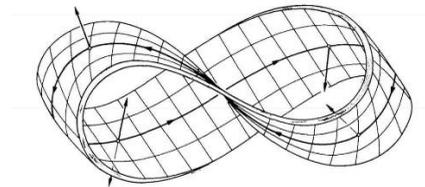


Рисунок 1 -Лист Мебиуса

Хоть лента Мебиуса до сих пор до конца не изучена, но ее модель очень легко изготовить в домашних условиях. Достаточно взять бумажную полоску (прямоугольник ABCD), далее перекрутить один из концов (AD) на 180° и соединить концы прямоугольника друг с другом (соединить точку A с точкой C, а точку D с точкой B). Таким образом мы получим самую настоящую ленту Мебиуса [1].

Уравнение ленты Мебиуса можно задать параметрически [2]:

$$x(u, v) = \left(1 + \frac{v}{2} \cos \frac{u}{2}\right) \cos(u)$$

$$y(u, v) = \left(1 + \frac{v}{2} \cos \frac{u}{2}\right) \sin(u)$$

$$z(u, v) = \frac{v}{2} \sin \frac{u}{2}$$

где $0 \leq u < 2\pi$ и $-1 \leq v \leq 1$

Рассмотрим основные свойства линии Мебиуса [3]:

Односторонность.

Лента Мебиуса имеет только одну поверхность, но она имеет две стороны, которые переходят друг в друга по мере движения вдоль ленты. Односторонность ленты Мебиуса можно продемонстрировать, нарисовав линию на ее поверхности. Линия будет непрерывно переходить с одной стороны ленты на другую.

Непрерывность:

Любую точку на ленте Мебиуса можно соединить с любой другой точкой, не пересекая края ленты. Непрерывность ленты Мебиуса делает ее топологически эквивалентной кругу, квадрату или треугольнику, то есть с топологической точки зрения ленту Мебиуса можно деформировать в любую из этих фигур, не нарушая ее непрерывности.

Связность:

Лента Мебиуса двусвязная, это можно продемонстрировать, разрезав ее вдоль. Разрез не разделит ленту на две части, а вместо этого создаст одну целую ленту с двумя петлями.

Ориентированность:

Лента Мебиуса не ориентирована, то есть если бы человек мог путешествовать по ней, то вернулся бы в исходную точку в виде своего зеркального отражения. Отсутствие ориентированности ленты Мебиуса можно продемонстрировать, нарисовав стрелку на ее поверхности. Стрелка будет указывать в противоположных направлениях на двух сторонах ленты.

Хроматический номер:

Хроматический номер ленты Мебиуса равен шести, что означает, что на ней можно нарисовать шесть областей, которые будут иметь общую границу со всеми другими областями.

До сих пор существует задача, на которую нет точного ответа. Какой может быть минимальная длина k , что из прямоугольника с одной стороной единица и другой стороной k можно свернуть ленту Мебиуса? Пока что известен только диапазон значения k . [4]

$$1,57 \approx \frac{\pi}{2} \leq k \leq \sqrt{3} \approx 1,73$$

На первый взгляд лента Мебиуса может показаться абстрактной математической структурой, но она на самом деле имеет множество практических применений в реальном мире. Несмотря на то, что ленту Мебиуса трудно заметить, она широко используется в различных областях.

Одним из наиболее ярких примеров является использование ленты Мебиуса в конвейерных лентах. В этой роли она предлагает уникальное преимущество. При перемещении раскаленных материалов по конвейерной ленте лента неизбежно подвергается износу и нагреву. Однако, благодаря своей односторонней поверхности, лента Мебиуса позволяет равномерно распределять нагрузку по всей своей длине и позволяет каждой ее части охлаждаться. В результате лента Мебиуса изнашивается более равномерно, что значительно продлевает срок ее службы.

Еще один наглядный пример – резистор Мебиуса [5]. Уникальность резистора Мебиуса заключается в отсутствии электромагнитного влияния: резистор Мебиуса не оказывает электромагнитного влияния на другие металлические объекты, компоненты схемы или на себя самого. Это связано с тем, что лента Мебиуса имеет только одну сторону. Также он не восприимчив к изменению формы, например, при компактной намотке ленты на сердечник. Это делает его очень устойчивым и надежным компонентом. Резистор также обладает высокой точностью, стабильным сопротивлением низким уровнем шума, что делает его идеальным для использования в чувствительных аудио и измерительных схемах.

В искусстве лента Мебиуса тоже сыграла немалую роль. Она стала популярным мотивом в искусстве, вдохновляя авангардистов и модернистов на создание своих работ. В архитектуре она может быть использована как концептуальный и декоративный элемент, добавляющий уникальность и сложность в архитектурные формы, тем самым давая возможность выразить идею бесконечности и непрерывности. Ее уникальная форма часто используется в логотипах и других дизайнерских элементах.

Несмотря на то, что лента Мебиуса была открыта более столетия назад, она сохраняет свою актуальность и в наши дни., вдохновляя ученых на новые математические исследования и находя применение в различных областях, включая искусство и технологии.

Библиографический список

1. *Таллер А.* Научно-популярный физико-математический журнал «Квант». 1978 год, номер 6. «Сюрпризы Листа Мебиуса».
2. *Сабитов И. Х.* Изометрические погружения и вложения плоского листа Мебиуса в евклидовы пространства. Изв. РАН. Сер. матем. 2007, том 71, выпуск 5. С. 197–224.
3. *Ковалев Е.Д., Панферова Д.С.* Научно-исследовательская работа «Удивительные свойства листа Мебиуса». 2018.
4. *Фукс Д.* Научно-популярный физико-математический журнал «Квант». «Лента Мебиуса». 1979, номер 1.
5. «Making Resistors With Math». Time. September 25, 1964.

Дищенко Д.И., Гончаров П.А., студенты 1 курса 1 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц. канд. физ.-мат. наук, доц. О.А. Васильева

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕННАЯ ПОНЯТИЯ «ПРОИЗВОДНАЯ»

Понятие «производная» является ключевым понятием в курсе «Математического анализа». Оно опирается на понятия переменных величин и на понятия бесконечно малых. Поэтому история развития понятия производной начинается задолго до XVII века. В XVII веке производная стала ключевым понятием в дифференциальном исчислении, возникнув в ответ на потребность в решении множества задач из математики, физики и механики. Среди таких задач особое место занимают вычисления скорости прямолинейного неравномерного движения и определение касательной к произвольной плоской кривой.

В XVII веке эти задачи решались самыми различными методами. Например, для построения касательных использовались приближенные графические методы.

Попытку разработать общий метод построения касательных впервые предпринял Р. Декарт.

Применение понятия производной позволило решать большой круг практических задач.

Так, например, Тартальи, выдающийся итальянский математик, первым обратил внимание на связь между углом наклона орудия и дальностью полёта снаряда, используя теорию производной в своих исследованиях.

С течением времени понятие производной стало широко распространенной, благодаря усилиям таких ученых, как Ньютон и Лейбниц, которые впервые обратили внимание на связь задачи о построении касательной и задачи вычисления скорости прямолинейно движущегося тела. Дифференциальное исчисление возникло практически одновременно в виде теории «флюксий» в работах И. Ньютона и его последователей в теории исчисления дифференциалов Г. Лейбница.

В теории «флюксий» переменные величины рассматриваются как некоторые абстрактные виды непрерывного механического движения, называемого флюэнтами (от латинского *fluere* - течение). Таким образом флюэнты – это переменные от времени.

Скорости течения флюэнт (первые производные по времени) называются флюксиями. При определении флюксий потребовалось введение бесконечно малых изменений флюэнт, так называемых моментов.

Поскольку флюксии являются переменными величинами от времени, то можно рассматривать флюксии от флюксий, т.е. вторые производные по времени (ускорение течения).

В 1684 году в научном журнале «Acta Eruditorum» (Лейпциг) Г.Лейбниц опубликовал научную работу об анализе бесконечно малых. В этой работе

впервые появляется термин «дифференциальное исчисление». Дифференциальное исчисление рассматривается в виде приближенном к современному изложению.

Введены символы дифференциалов, сформулированы правила дифференцирования и приведены производные простейших функций.

В последующих работах разрабатывается единый метод решения задач, значительно расширяющий область применения дифференциального исчисления. Русский математик В.И. Висковатов впервые использовал термин "производная функции" в начале XIX века.

Иоганн Бернулли ввел обозначение приращения аргумента или функции с помощью символа Δ (дельта), а сам символ дифференциала и производной $\frac{dx}{dx}$ был предложен Г. Лейбницем. И. Ньютон использовал точечное обозначение производной над переменной x .

Сокращенное обозначение производной через штрих $f'(x)$ предложил Лагранж. Символ частной производной $\frac{\partial}{\partial x}$ активно использовался Якоби и Вейерштрасс, который также упоминался в работах Лежандра.

Оператор ∇ и его название "набла" были предложены соответственно Гамильтоном и Хевисайдом в XIX веке.

Лагранж и Арбогаст внесли значительный вклад в развитие термина «производная». Впервые термин «производная» был опубликован французским ученым Арбогастом в его научной работе "Вычисление производных" в 1800 году в Париже.

Независимо от него, Лагранж также ввел этот термин на рубеже XVIII и XIX веков. Термин быстро стал широко используемым, и Коши применял начальную букву этого термина для обозначения производной.

Символы и терминология И Ньютона, такие как «флюэнты» и «флюксии», потеряли свое значение со временем. Однако, в некоторых случаях в физике и механике все еще используют точки над буквами для обозначения производных по времени.

Производная функции в точке x_0 – это число A такое, что функцию в некоторой окрестности $U(x_0)$ можно представить в виде:

$$f(x_0 + h) = f(x_0) + Ah + o(h), h \rightarrow 0$$

Определение производной функции через предел подразумевает, что в точке x_0 существует предел:

$$\begin{aligned}
 f'(x_0) &= \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} \\
 &= \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}
 \end{aligned}$$

Общепринятые обозначения производной функции $y = f(x)$ в точке x_0 могут быть различными:

$$f'(x_0), f'_x(x_0), Df(x_0), \frac{df}{dx}(x_0), \frac{dy}{dx} \Big|_{x=x_0}, \dot{y}(x_0).$$

Отметим, что последнее обычно используется для обозначения производной по времени, особенно в контексте теоретической механики и физики, хотя исторически также применялось в других областях.

История развития понятия «производная» является важной частью истории математики – науки об объективном развитии математики.

Существует множество литературных источников, посвященных истории дифференциального исчисления, методам его преподавания и адаптации. Однако, каждый из них обычно фокусируется на определенном аспекте этой темы. Понятие производной играет ключевую роль в курсе математического анализа.

Изучение различных источников показало необходимость систематизации и обобщения информации о производной. Это осознание послужило основанием для выбора данной темы статьи.

Библиографический список

1. *Темербекова А.А.* Методика преподавания математики. Москва: Владос, 2003 – 175 с.
2. *Абылкасымова А.Е. и др.*, Алгебра и начала анализа, 2006 г. – 175 с.
3. *Колмогоров А. Н.*, Алгебра и начала анализа: Учеб.для 10-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008 г. – 383 - 384 с.
4. *Рыбников К.А.* История математики. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974 г. – 458 с.
5. *Лященко Е.И.*, Лабораторные и практические работы по методике преподавания математики», 2008г. – 101-102 с.

Жицкая Д.Ю., студентка 1 курса 51 группы ИАГ
Научный руководитель –
ст. преподаватель, канд. физ.-мат. наук **М.Р. Шихшинатова**

ПРОБЛЕМА ПЯТОГО ПОСТУЛАТА ЕВКЛИДА И ЕГО РОЛЬ В СТАНОВЛЕНИИ НЕЕВКЛИДОВЫХ ГЕОМЕТРИЙ

Одной из самых распространенных в мире математики проблема – проблема пятого постулата Евклида. Но кто же такой Евклид?

Евклид — математик, живший в Древней Греции, творец одного из первых трактатов по математике теоретического содержания, дошедших до нас. Сведений из его биографии не так много [1]. Одно, на сегодняшний день, известно наверняка: научную деятельность, как и любую другую, он осуществлял в Александрии в III веке до нашей эры. Его главная работа - «Начала» содержит изложение вопросов по теории чисел, стереометрии и планиметрии. В этом труде Евклид подвёл итог дальнейшему развитию древнегреческой математики и создал основу предшествующего развития этой науки. «Начала» состоят из тринадцати книг. В первой из них содержится список определений, а также изложен список постулатов и аксиом. В основном, постулаты задают базовые построения, в то время как аксиомы задают общие правила вывода при работе с величинами. В течение двух тысяч лет в геометрии не было более короткого пути, чем чтения книги Евклида "Начала". Две тысячи лет эта книга была единственным учебным пособием по геометрии, которое отражало, и в то же время формировало, представление человека о пространстве.

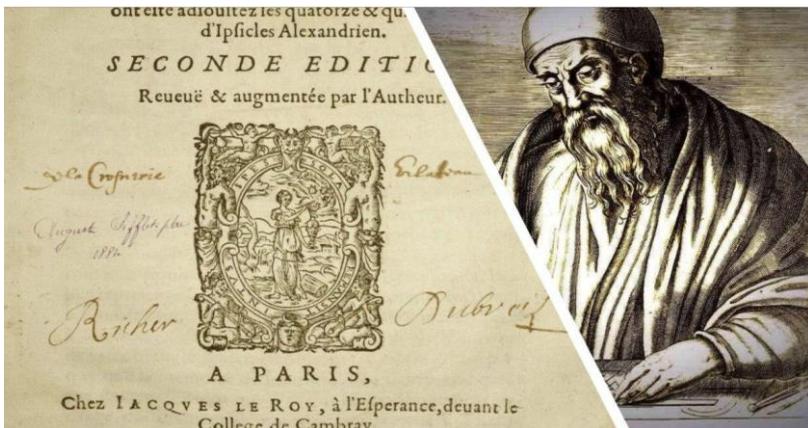


Рисунок 1

Ученных мучило сомнение по поводу одного их основных положений геометрии Евклида. В фундаменте "Начал" аксиомы и постулаты, то есть очевидные истины, но один из постулатов оказался истиной неочевидной:

В пятом постулате Евклида говорится о том, что если две прямые пересекут третью так, что сумма внутренних односторонних углов окажется меньше развернутого, то такие прямые при продолжении обязательно пересекутся.

Проверить справедливость пятого постулата невозможно, но можно попробовать его доказать, как теорему. И эту теорему сформулировали следующим образом: «Через точку, лежащую вне прямой, проходит не более одной прямой параллельной данной» [2].

Так как же все-таки объяснить неприступность пятого постулата? Две тысячи лет люди находились в плену у мысли, что существует только одна геометрия – Евклидова. Пространство, которое она описывала отождествляли с реальным миром.

Долгое время никто не догадывался, что пространство окружающего мира можно описать другим способом, другой геометрией.

После нескольких попыток удостовериться в правильности пятого постулата, Лобачевский понял, что доказать его правильность невозможно. Он заменил пятый постулат другим положением, и из фундамента получившейся системы аксиом сотворил совершенно новую геометрию – Неевклидову: «К одной прямой можно провести не менее двух параллельных линий».

В такой воображаемой геометрии угол между параллельными тем больше, чем больше расстояние от точки до прямой. Лишь при малых расстояниях, таких как от земли до солнца, угол стремится к нулю и прямые сливаются в одну, как в геометрии Евклида» [3].

Существует огромное количество неевклидовых геометрий. Бернхард Риман рекомендовал геометрию, состоящую сразу из трех геометрий: эллиптической, Евклидовой и геометрией Лобачевского. Его геометрия реализуется в пространстве с постоянной положительной кривизной, где сумма углов треугольника больше 180 градусов: «Через данную точку можно провести бесконечное количество прямых параллельных данной прямой».

С сотворением Альбертом Эйнштейном теории относительности понятия о криволинейных пространствах были видоизменены данными новой физической теории, описывающей относительное пространство с точки зрения существования четырех меняющихся и взаимообусловленных измерений – скорости, массы, времени и энергии.

У пятого постулата есть огромное количество формулировок, большинство из которых выглядит достаточно примитивно [4]. Вот некоторые из них:

1. Через каждую точку внутри острого угла всегда можно провести прямую, пересекающую обе его стороны.

2. Прямая, проходящая через точку внутри угла, пересекает по крайней мере одну его сторону (аксиома Лоренца).

Если использовать пятый постулат, они могут быть доказаны, и наоборот, заменив пятый постулат на любую из подобных аксиом, получится доказать пятый постулат, на это указывает их эквивалентность.

Почему Евклид выбрал именно эту, головоломную и объемистую форму постулата, если ему, без сомнения, были известны другие различные формулировки о параллельных?

Историки имели различные точки зрения на этот счет [4].

М. Клайн указывала на то, что пятый постулат имеет локальный характер, следовательно обрисовывает событие на отдельном участке плоскости, в то же время, аксиома Прокла ратифицирует факт параллельности, который нуждается в рассмотрении всей бесконечной прямой.

В.П. Смилга подразумевал, что данной формулировкой Евклид хотел обратить внимание на то, что данная часть теории является незаконченной. Воздерживались использовать актуальную бесконечность даже сами античные математики.

По их мнению, вышперечисленные аналоги постулата о параллельных могли казаться недопустимыми, так как они отталкивались на актуальную бесконечность или понятие измерения.

Таким образом, роль пятого постулата Евклида в становлении неевклидовых геометрий заключается в том, что его модификация или отказ от него приводит к созданию различных геометрических систем, отличных от евклидовой геометрии.

Это позволяет исследовать и описывать совершенно уникальные геометрические структуры, системы и пространства, которые уже не совпадают пятому постулату, принятому в евклидовой геометрии.

Библиографический список

1. *Смилга В. П.* В погоне за красотой. Издательство "Молодая гвардия" Москва 1968 год. 147 с.
2. *Атанасян Л. С.* Геометрия Лобачевского. Издательство "Просвещение" Москва 2001 год. 196 с.
3. *Ефимов Н.В.* Высшая геометрия (5-е изд.). М.: Наука, 1971. 256 с.
4. *Трибис Е. Е.* Гипотезы и заблуждения, о которых должен знать современный человек. Издательство " РИПОЛ Классик", тираж 7000, Москв 2002 год. 70 с.

*Зайнуллин А.Р., студент 1 курса 71 группы ИАГ
Научный руководитель –
преподаватель В.В. Харламова*

ЧИСЛА ФИБОНАЧЧИ

Уникальность чисел Фибоначчи заключается в том, что их можно встретить в разных сферах жизни, природы и истории, от пропорций человека до современного фондового рынка, я решил разобраться в особенности этих чисел.

Последовательность была описана итальянским учёным 13 века Леонардо Фибоначчи. Изначально он был известен как Леонардо Пизанский. В 19 веке историки придумали ему прозвище «Фибоначчи» (с итальянского «боначчи» означает «удачливый»), чтобы отличать его от другого известного математика с таким же именем [5].

Учёный исследовал работы античных и древнеиндийских математиков. Так он обнаружил, что арабская десятичная система более удобная и проста в вычислениях, чем римская нотация, которая повсеместно использовалась в древности.

В 1202 году Леонардо Фибоначчи опубликовал математический текст «Книга абака». В его труде представлена арабско-индийская арифметика, которая была полезна ремесленникам и торговцам для учета финансов. Там же и появилось упоминание последовательности Фибоначчи, итальянец популяризировал эти числа [1].

Последовательность чисел выглядит следующим образом:

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144...

Математически можно записать так:

$$x_n = x_{n-1} + x_{n-2}$$

В бесконечной последовательности каждое последующее число определяется как сумма двух предыдущих чисел. Каждое число больше предыдущего в 1,618 раз и меньше последующего в 0,618 раз. По началу соотношения не точны, но по мере возрастания ряда точность увеличивается.

Числа Фибоначчи повсеместно встречаются в природе, например, в раковинах, в млечном пути, в вихрях. В их основу заложен принцип «Золотого сечения», который построен этими числами (рисунок 1) выглядит, как множество квадратов, в которых помещены четверти окружностей. Стороны которых соотносятся между собой с коэффициентом 1.618 [2]. Золотая спираль – широко используемый математический принцип пропорций, который часто применяется в искусстве и архитектуре.

Пропорции тела человека также отражают это число. Если измерить расстояние от ступней человека до точки пупка и получить 1, то его рост будет приблизительно равен 1.618. То же самое относится к расстоянию от уровня плеча до макушки головы и размеру головы - оно составляет 1:1.618.

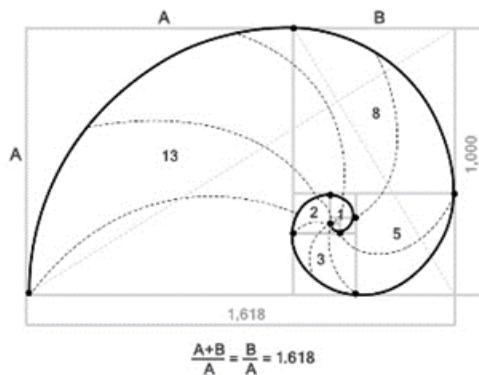


Рисунок 1 – Золотое сечение

Высота от точки пупка до макушки головы, от уровня плеча до макушки головы, а также от точки пупка до коленей и от коленей до ступней также соответствует этому соотношению - 1:1.618. (рисунок 2).

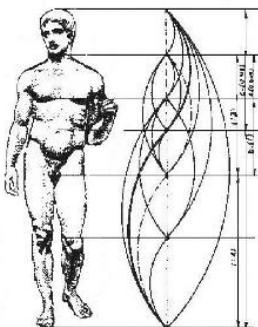


Рисунок 2 – Пропорции тела человека

Последовательность Фибоначчи прослеживается в природе, именно по этой причине она часто используется в архитектуре для достижения гармонизации форм [4].

Архитекторы этими числами высчитывают пропорции элементов структуры, которую они строят. К таким элементам относятся высота и

ширина дверей, окон и фасадов. Числа Фибоначчи позволяют добиться эстетического вида.

Последовательность была актуальна и в древности, она отслеживается в пирамиде Хеопса. Один из чудес света, который расположен в Гизе. В разрезе выглядит в виде треугольника с золотым сечением.

При сопоставлении главной оси стороны и полудлины получается число 1,618. Этот коэффициент также присутствует в Парфеноне, храме, построенном в 5 веке до нашей эры. В нем соотношение высоты и ширины фасада равно 1.618.

Числа Фибоначчи остаются значимы и на сегодняшний день. К примеру, золотое сечение также применяется в современной русской архитектуре. Примером сооружения является корпус МГУ на Воробьевых горах.

В этой конструкции можно выявить прямоугольный треугольник, где гипотенуза проходит через пристройки, а основание образует угол, что в сумме дает нам нужное соотношение сторон.

Еще примером служит Исаакиевский собор в Санкт-Петербурге, основная часть которого вписана в прямоугольник с соотношением сторон 400 к 248.

Числа Фибоначчи не только используются в архитектуре и дизайне, но и являются инструментом на фондовом рынке, который технические аналитики используют для руководства своим видением относительно покупательного и продаваемого поведения на рынке.

Идею их использования высказал Ральф Нельсон Эллиот еще в 30-е годы 20 века. Он утверждал, что три характеристики — время, форма и отношение — являются неотъемлемыми частями любой человеческой деятельности и следуют закономерностям Фибоначчи [3].

Одним из способов использования чисел Фибоначчи – вычитывание отрезков времени, через которое произойдет разворот рынка.

Библиографический список

1. *Воробьев Н. Н.* Числа Фибоначчи. — Изд. 5-е. — М.: Наука, 1984. — 144 с.
2. *Васютинский Н.А.* Золотая пропорция. - М.: Молодая гвардия, 1990, 238 с.
3. *Найман Э. Л.* Малая энциклопедия трейдера. 9-е изд., перераб. и доп. М.: Альпина Бизнес Букс, 2008.
4. *Шевелев И. Ш., Марутаев М. А., Шмелев И. П.* Золотое сечение: Три взгляда на природу гармонии — М.: Стройиздат, 1990.— 343 с.; ил.— ISBN 5-274-00197-1
5. *Sigler L.E.* Fibonacci's Liber Abaci, Leonardo Pisano's Book of Calculations" Springer. New York, 2002.

Зонов-Гостев Р.П., студент 1 курса 57 группы ИАГ
 Научный руководитель –
 преподаватель **В.В. Харламова**

ИССЛЕДОВАНИЕ СУММЫ РЯДОВ

Нахождение суммы ряда является важной задачей математики, поскольку её решение помогает в понимании как математических, так и физических явлений. Так понятие интеграла представляет собой сумму площадей прямоугольников под функцией [1].

Ряды были поделены на сходящиеся, чья сумма бесконечного количества его членов стремилась к конкретному пределу $S = \lim_{n \rightarrow \infty} S_n$, и расходящиеся, чья сумма стремилась к бесконечности или не могла быть идентифицирована.

Если мы рассматриваем самый простой пример сходящегося ряда, то можно взять за пример геометрическую прогрессию, где $|q| < 1$ (Поскольку при $|q| > 1 \Rightarrow S \rightarrow \infty$). Тогда сумма геометрического ряда $a + aq + aq^2 + \dots + aq^n$ находится как $S_n = a \frac{1-q^{n+1}}{1-q}$, $\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \frac{a}{1-q}$ [4].

Попробуем найти сумму ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3 \cdot 2^n - 4^n}{7^n}$, для этого нам надо знать два свойства сходящихся рядов. Первое, коэффициент можно вынести за знак суммы $\sum_{n=1}^{\infty} k \cdot S = k \sum_{n=1}^{\infty} S$. Второе, если под знаком суммы находятся два ряда и они сходятся, то можно их расписать отдельно друг от друга $\sum_{n=1}^{\infty} (S^v \pm S_1^u) = \sum_{n=1}^{\infty} S^v \pm \sum_{n=1}^{\infty} S_1^u$ [4].

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{3 \cdot 2^n - 4^n}{7^n} &= \sum_{n=1}^{\infty} 3 \frac{2^n}{7^n} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4^n}{7^n} = 3 \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{2}{7}\right)^n - \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{4}{7}\right)^n = \\ &= 3 \cdot \left(\frac{\frac{2}{7}}{1 - \frac{2}{7}}\right) - \left(\frac{\frac{4}{7}}{1 - \frac{4}{7}}\right) = \frac{6}{5} - \frac{4}{3} = -\frac{2}{15} \end{aligned}$$

Также сумму ряда можно посчитать по методу неопределённых коэффициентов. Для этого попробуем вычислить частичную сумму ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{(2n+1)(3n+3)}$ разложив его сумму по методу неопределённых коэффициентов.

$$\frac{A}{2n+1} + \frac{B}{2n+3} = \frac{2}{(2n+1)(2n+3)} \Rightarrow$$

$$\frac{2An + 3A + 2Bn + B}{(2n+1)(2n+3)} = \frac{2}{(2n+1)(2n+3)}$$

$$\begin{cases} 3A + B = 2 \\ (2A + 2B)n = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2A = 2 \\ A = -B \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 1 \\ B = -1 \end{cases}$$

$$a_n = \frac{1}{2n+1} - \frac{1}{2n+3}$$

Распишем частичную сумму $a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + \dots + a_{n-2} + a_{n-1} + a_n$ этого ряда:

$$\frac{1}{3} - \frac{1}{5} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{7} - \frac{1}{9} + \frac{1}{9} - \frac{1}{11} + \dots + \dots + \frac{1}{2n-3} - \frac{1}{2n-1} + \frac{1}{2n-1} - \frac{1}{2n+1} + \frac{1}{2n+1} - \frac{1}{2n+3}$$

Заметим, что практически все члены ряда уничтожаются. Получается остаток, с помощью которого найдём сумму ряда.

$$\frac{1}{3} - \frac{1}{2n+3} \Rightarrow \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{2n+3} \right) = \frac{1}{3}$$

Для таких рядов должны выполняться признаки сходимости, как радикальный признак Коши, признак Даламбера, признак Лейбница и другие. Многие ряды бывает тяжело посчитать математическими принципами выше. Например, ряд $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$ находится либо через ряд функции синуса, через ряд Фурье и т.д. [3].

Однако с расходящимися рядами возможно работать. Ряд $1-1+1-1+\dots$ расходится, поскольку при группировке $(1-1)+(1-1)+\dots$ получается сумма $0+0+0+\dots=0$, но при группировке $1+(1-1)+(1-1)+\dots$ получается сумма $1+0+0+\dots=1$, то есть значение суммы ряда принимает значение 0 либо 1. При этом обозначив $S=1-1+1-1+\dots$, вычтем сумму от 1.

$$1 - S = 1 - (1 - 1 + \dots) = 1 - 1 + 1 - 1 + \dots = S \quad 1 - S = S \Rightarrow S = \frac{1}{2}$$

Таким образом, мы смогли строго математически вычислить сумму этого ряда. Благодаря решению суммы ряда Гранди, нахождение суммы натурального ряда, который в классическом понимании стремится к бесконечности, стало возможным [5].

Давайте обозначим ряд Гранди за S_1 , а некую сумму натурального ряда $1+2+3+4+\dots$ за S_n . При перемножении ряда Гранди и натурального, получаем: $S_1 S_n = S_2 = 1 - 2 + 3 - 4 + \dots$

Сложим два раза получившийся ряд и сгруппируем со смещением на один член.

$$2S_2 = 1 + (-2 + 1) + (3 - 2) + (-4 + 3) + \dots = 1 - 1 + 1 - 1 + \dots = \frac{1}{2}$$

Таким образом, $S_2 = \frac{1}{4}$. Теперь из суммы натурального ряда вычтем сумму получившегося ряда. $S_n - S_2$.

$$\begin{aligned} S_n - S_2 &= (1 - 1) + (2 + 2) + (3 - 3) + (4 + 4) + (5 - 5) + (6 + 6) + \dots \\ &= 0 + 4 + 0 + 8 + 0 + 12 + 0 + 16 + \dots = 4S_n \end{aligned}$$

Получаем тривиальное уравнение. Поскольку сумма $S_2 = \frac{1}{4}$, мы можем вычислить сумму натурального ряда.

$$S_n - S_2 = 4S_n \Rightarrow S_n - \frac{1}{4} = 4S_n \Rightarrow -3S_n = \frac{1}{4} \Rightarrow S_n = -\frac{1}{12}$$

При этом для традиционных математических подходов это значение ни имеет никакой ценности, хотя оно находит применение в комплексном анализе, теории струн и квантовой теории струн [2].

В статье не были рассмотрены все виды рядов и их сумм, поскольку многие из них, например, функциональные ряды требуют более подробного рассмотрения, но были рассмотрены нетривиальные подходы к вычислению суммы рядов и классические к числовым и гармоническим рядам.

Библиографический список

1. Гредасова Н.В., Желонкина Н.И., Корешникова М.А., Полищук Е.Г., Андреева И.Ю. Ряды / Екатеринбург: Урал, 2016. 116 с.
2. Wazir H.A. Toils and triumphs of Srinivasa Ramanujan, the man and the mathematician / Jaipur: National, 1992. 288 с.
3. Коноплева И.В., Глухов В.П. Числовые и функциональные ряды: учеб. пособие / Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2010. 78 с.
4. Мясников А.Г., Кирьянова Л.В., Мацевич Т.А. Математический анализ. Теория числовых рядов [Электронный ресурс] конспект лекций М.:МГСУ, 2018.
5. Сетяева И.А., Афонькина Т.В. Нахождение суммы некоторых рядов натуральных чисел [Электронный ресурс] // Материалы V Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум».

Искандаров Н.В., студент 1 курса 93 группы ИПГС
Научный руководитель –
доц., канд. физ.-мат. наук **Е.В. Кондрашова**

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВНЕУЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА УСПЕВАЕМОСТЬ В ВУЗЕ

Целью данной статьи является выявление основных математических методов, которые применяются для исследования влияния внеучебной деятельности на успеваемость студентов. Также в статье представлены результаты по данным опроса студентов первого курса и приведены выводы о том, насколько сильно и как связано участие студентов во внеучебной деятельности с их успеваемостью.

В ряде исследований показано, что внеучебная деятельность, в большинстве случаев, положительно влияет на успеваемость студентов. Практически нет статей, в которых бы рассматривалось, как связана успеваемость первокурсников с их вовлечением в учебную деятельность. Однако студенты первого курса более уязвимы, так как в течение первого года ещё не завершён период адаптации к образовательному процессу и большому количеству новых как внешних, так и внутренних факторов.

При анализе основных математических методов, которые используются для исследования влияния внеучебной деятельности на успеваемость в ВУЗе наиболее часто применяются статистические методы обработки данных. Приведем основные из них:

- подсчет основных выборочных характеристики по полученным данным (выборочное среднее, выборочная дисперсия);
- построение диаграмм, гистограмм, полигонов частот;
- поиск функциональных зависимостей между различными факторами (их визуализация, построение графиков);
- построение математических моделей, демонстрирующих зависимость переменных от выбранных факторов;
- дисперсионный анализ, корреляционный анализ и др.

Для того, чтобы установить зависимости и получить сравнимые величины, которые бы помогли сделать выводы о влиянии внеучебной деятельности на успеваемость студентов первого курса, был проведен опрос.

При проведении опроса студентов было важным сформулировать, что именно мы понимаем под внеучебной деятельностью.

Используя различные источники, было выявлено, что обычно внеучебная деятельность включает в себя участие студентов в различных клубах, спортивных событиях, общественной работе, волонтерстве, культурно-творческой и научной деятельности.

В качестве вопросов студентам были предложены следующие, ответы на которые, позволяют провести количественную оценку:

1. Сколько часов в неделю вы уделяете внеучебной деятельности (если не уделяете, поставьте 0).

2. Оцените Вашу успеваемость в ВУЗе по результатам последней сессии по 10-балльной шкале, где 10 – успешная сессия на 5+, 0 – неудачная сессия с самыми низкими показателями.

3. Укажите в скольких видах внеучебной деятельности Вы участвуете на данный момент. (Например, если Вы посещаете дополнительно спортивную секцию, ходите на вокал и занимаетесь волонтерской деятельностью, то поставьте значение «3»).

4. Оцените по 10-балльной шкале, насколько хорошо по Вашему мнению организована внеучебная деятельность в ВУЗе.

В опросе приняли участие 20 студентов первого курса.

По полученным выборочным данным для первоначальной оценки обычно подсчитываются выборочное, медиана, выборочная дисперсия, выборочный коэффициент корреляции, который показывает степень линейной связи между двумя переменными в выборке.

Формулы подсчета выборочных числовых характеристик для среднего значения (1), выборочной дисперсии (2) и коэффициента корреляции (3) при объеме выборки равном n и значениях признака X_i представлены ниже:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (2)$$

$$\rho(\bar{X}_n, \bar{Y}_n) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (3)$$

В результате были получены следующие значения.

Выборочное среднее по количеству часов, которое студенты уделяют внеучебной деятельности составило 11,05 часа, медиана составила 10 часов, минимальное значение – 0, максимальное – 45 часов.

Выборочное среднее по успеваемости последней сессии составило 7,65 балла, медиана составила 8 баллов, минимальное значение 5, максимальное 10 баллов.

Выборочное среднее для числа видов учебной деятельности, в которой принимают участие студенты составило 1,6, медиана – 1, минимальное значение 0, максимальное - 4.

Среднее по параметру «оценка организации внеучебной деятельности в ВУЗе» составило 5,65 балла, медиана 6, минимальное значение – 0, максимальное 10.

Подсчет коэффициента корреляции позволил установить наличие связи между некоторыми переменными.

Так, например, значение коэффициента корреляции 0,62 указывает на наличие достаточно сильной положительной линейной связи между успеваемостью в ВУЗе и оценкой внеучебной деятельности.

Также есть линейная зависимость между количеством часов в неделю, которое студент уделяет внеучебной деятельности и числом видов внеучебной деятельности, в которой он участвует.

Коэффициент корреляции в данном случае составил 0,56.

Дальнейшее исследование предполагает увеличение объема выборки и проверку гипотезы о значимости коэффициента корреляции, пересчете выборочных значений и построении моделей, демонстрирующих зависимости между переменными.

Библиографический список

1. *Абульханова-Славская, К.А.* Личностная регуляция времени // Психология личности в трудах отечественных психологов. М.: СПб., 1990. С. 114-129.
2. *Зимняя И. А.* Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования // Высшее образование сегодня. 2023 № 5 С. 63–69.
3. *Лопатин А.Т., Нурмагомедова Э.Н., Наговицын Р.С., Чиговская-Назарова Я.А.* Внеучебная деятельность студентов как фактор обеспечения качества непрерывного педагогического образования // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 3. С 1-3.
4. *Плахина Л.Н.* Развитие лидерских качеств // XXI век: итоги прошлого проблемы настоящего: Межвузов. сборник науч. трудов. Отв. ред. Л.Н.Плахина. Вып.2. Пенза: Изд-во Пенз. техн. инст., 2021. С.173-175.
5. *Плотникова Т.А.* К вопросу о саморазвитии студента в образовательном пространстве вуза. Братск: Изд-во БГПУ., 2011. С.57-59.
6. *Лесникова С.Л., Портнова А.Г. Русакова Н.А.* Использование математических методов для мониторинга качества успеваемости студентов. Вестник КемГУ. Гуманитарные и общественные науки. 2020, 4(3). С. 218-225.

*Лупатов Д.В., студент 4 курса 101 группы ИЦТМС
 Научный руководитель –
 доц., канд. физ.-мат. наук, доц. Л.В. Кирьянова*

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ РАСЧЕТОВ ИЗМЕНЕНИЯ РЕЙТИНГА КОМПАНИЙ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

Российская отрасль кредитных рейтинговых агентств (далее - КРА) активно развивается, переход рынка на новую модель регулирования существенно повысил доверие со стороны инвесторов к кредитным рейтингам, а также обеспечил активное включение КРА в российскую нормативно-правовую базу. При разработке и применении кредитных методологий КРА сталкиваются с необходимостью многокритериальной оптимизации своих моделей: с одной стороны, модели должны показывать высокую дискриминирующую способность, т.е. хорошо отделять компании по критерию дефолтности, с другой стороны, желательно, чтобы кредитные рейтинги, за исключением отдельных случаев, демонстрировали относительную стабильность. В данной работе рассматривается проблематика расчета стабильности кредитных рейтингов, в т.ч. на фактических данных применяется набор различных методов расчета метрик стабильности.

Самым простым методом прогнозирования изменения рейтингов является анализ матрицы переходных вероятностей Марковского случайного процесса с дискретным временем.

Алгоритм такого подхода:

1. Определить интервал итерирования, выраженный в годах(кварталах/месяцах)
2. Задать шаг для вычисления переходов (как правило 1 или 3 года)
3. Посчитать переходы из состояния I в состояние J для каждого шага отдельно
4. Для каждой пары $\{i; j\}$ оценить с помощью отношения $\frac{N_{ij}}{N_{total}}$ вероятность перехода за один шаг из состояния i в состояние j .
5. Усреднить полученные вероятности для итоговой оценки искомой переходной матрицы.

Матрицу, полученную в 5 пункте, можно использовать для прогноза распределения рейтингов через n лет, количественного прогноза рейтингов (получение состояния S_{n-1}).

3.Подход с непрерывным временем и его алгоритм

Алгоритм для вычисления матрицы плотностей переходных вероятностей:

1. Определить интервал итерирования, выраженный в годах

2. Задать шаг для вычисления переходов (в данной работе 1 или 3 года)
3. Посчитать переходы из состояния i в состояние j для каждого шага следующим образом:

$$\widehat{\lambda}_{ij} = \frac{N_{ij}}{\int_0^T y(s)ds}, \lambda_{ii} = -\sum \widehat{\lambda}_{ij}.$$

Здесь $\widehat{\lambda}_{ij}$ оценка интенсивности перехода из состояния i в состояние j

4. Составить матрицу интенсивностей переходов из элементов $\widehat{\lambda}_{ij}$
5. Найти матрицу переходных вероятностей разложением экспоненты $P(t) = \exp(At)$ матрицы интенсивности переходов A в ряд Тейлора.

Данный подход является более точным в решаемой задаче, так как учитывает переходы состояний в течение временного интервала. Так же стоит отметить, что в отличии от дискретного подхода, непрерывный подход позволяет получить вероятности переходов в те состояния, в которые при дискретном подходе переходов не наблюдалось.

На рисунке 1 изображен результат процесса с дискретным временем.

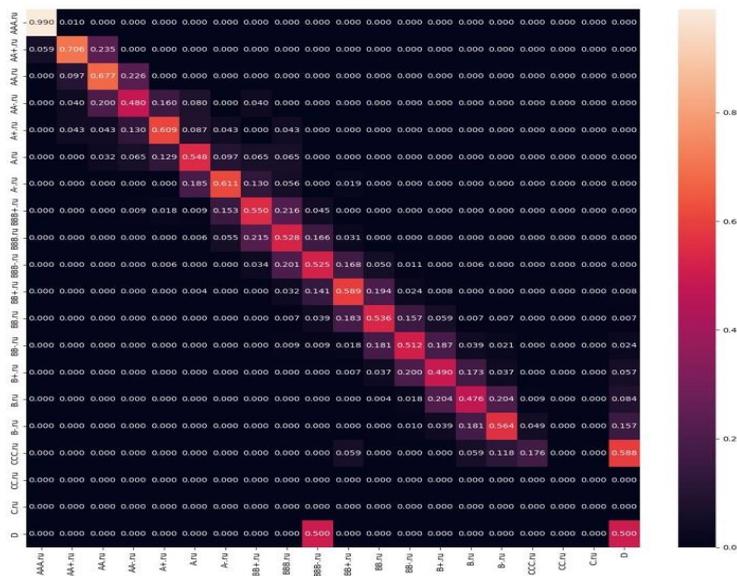


Рисунок 1

На рисунке 2 изображен результат процесса с непрерывным временем.

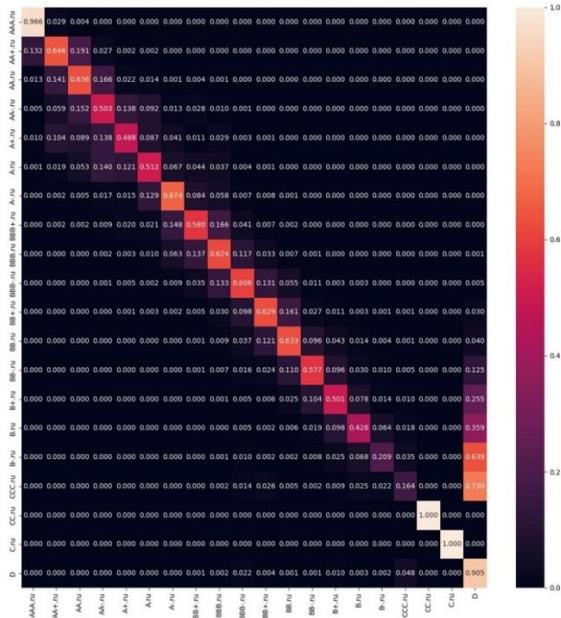


Рисунок 2

Как можно заметить, из высоких показателей рейтингов для Марковского процесса с непрерывным временем появились низкие переходы в более плохие рейтинги, хотя фактических переходов не наблюдалось. Так же возросло значения дефолтов из низких рейтингов, что говорит о том, что в течение года происходили дефолты, но компании из них выходили. Имеются еще более универсальные подходы, такие как метод Байесса и оценка Аалена-Йоханссена.

Библиографический список

1. *David Lando* Analyzing rating transitions and rating drift with continuous observations // Journal of Banking & Finance. - 2002. - №26. - С. 423-444
2. Statistical Properties of Population Stability Index // Western Michigan University URL: <http://www.stat.wmich.edu/naranjo/PSI.pdf> (дата обращения: 15.12.2023).
3. Rating transitions forecasting: a filtering approach // hal.science URL: <https://hal.science/hal-03347521v4> (дата обращения: 10.12.2023).
4. *Булнский А.В, Ширяев А.Н.* Теория случайных процессов. - учебное пособие изд. - М.: Физматлит, 2005. - 400 с.
5. *David Lando* Credit Risk Modeling: Theory and Applications. - 1 изд. - United Kingdom: Princeton University Press, 2004. – 329 с.

Овчаренко П., Филиппова Е.А., студенты 1 курса 56 группы ИАГ
*Научный руководитель –
преподаватель Т.Ю. Познахирко*

ЗНАЧИМОСТЬ МАТЕМАТИКИ В УСЛОВИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

Данная статья анализирует проблему потенциального снижения востребованности изучения математики в связи с появлением в нашей жизни такого продукта технического прогресса, как искусственный интеллект. Особое внимание уделяется исследованию тенденций и математической основы этой значимой инновации, а также рассмотрению роли высшей математики в техническом развитии данного технологического достижения.

Искусственный интеллект (ИИ) представляет собой область компьютерной науки, сфокусированную на создание систем, способных выполнять задачи, которые обычно требуют особых когнитивных способностей человеческого разума. Суть концепции ИИ заключается в разработке программного обеспечения и алгоритмов, которые обеспечивают компьютерам способность обучаться, адаптироваться к новым ситуациям, решать проблемы и принимать решения на основе имеющихся данных [1].

Применение искусственного интеллекта вызывает тревогу в связи с потенциальными негативными последствиями его использования для человека. Некоторые ученые в области высшей математики испытывают сомнения относительно внедрения данной инновации по следующим причинам:

1. Угроза автоматизации, как следствие потеря рабочих мест;
2. Размытое понимание принципов работы ИИ;
3. Этические вопросы и вопросы безопасности;
4. Потеря контроля;

Однако стоит отметить, что мнение ученых в области высшей математики относительно искусственного интеллекта является индивидуальным и зависит от их понимания, опыта работы с ИИ, а также от их представлений о дальнейшем развитии науки и технологий. Существуют и исследователи, которые видят в использовании искусственного интеллекта новые перспективы для решения сложных математических задач, расширения области применения знаний и внедрения новейших методов анализа и моделирования [2].

Значимость математики в контексте развития искусственного интеллекта не может быть недооценена, поскольку математические функции, последовательности и структуры данных представляют основу для формирования принципов программирования и разработки алгоритмов в целом. Некоторые из фундаментальных математических концепций, лежащих в основе искусственного интеллекта:

Линейная алгебра и операции над матрицами - фундаментальные составляющие многих алгоритмов машинного обучения, таких как метод наименьших квадратов или метод главных компонент. Эти методы основаны на манипуляциях с векторами, матрицами и операциями из области линейной алгебры.

Теория вероятностей и математическая статистика играют ключевую роль в области машинного обучения, поскольку вероятностные модели используются для работы с неопределенностью и извлечения полезной информации из данных. Методы статистики помогают оценивать результаты, извлекать выводы из наборов данных, а также создавать и тестировать модели искусственного интеллекта.

Математическая оптимизация тесно связана с обучением моделей и настройкой параметров искусственного интеллекта с целью достижения оптимальных результатов.

Теория графов. Данная теория эффективно применяется в анализе социальных сетей, логистики, маршрутизации и многих других областях.

Дифференциальное исчисление. Градиентные методы оптимизации, такие как стохастический градиентный спуск, широко используются в обучении глубоких нейронных сетей для минимизации функций потерь.

Теория информации. Понятия из теории информации, такие как энтропия, помогают оценивать количество информации и шума в данных, а также разрабатывать эффективные методы сжатия и передачи информации.

Эти и другие математические дисциплины обеспечивают теоретические основы и инструменты для работы с данными, создания моделей, обучения алгоритмов и разработки различных аспектов искусственного интеллекта. Комбинация математики и информатики обеспечивает основу для развития новых методов и технологий в области искусственного интеллекта [3].

Математика является фундаментальной и универсальной наукой, и ее возникновение и развитие связано с интеллектуальными усилиями людей на протяжении многих тысячелетий. Искусственный интеллект, хоть и обладает значительными вычислительными мощностями, не вызовет исчезновения математики. Напротив, ИИ может значительно усилить и расширить область ее применения.

В контексте технического прогресса математика играет ключевую роль по нескольким причинам [5]:

1. Разработка новых технологий;
2. Оптимизация производства;
3. Кибербезопасность;
4. Исследование и разработка искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект (ИИ) имеет значительное влияние на развитие высшей математики. Вот несколько тенденций в развитии ИИ в этой области:

1. Автоматизация доказательств теорем;
2. Машинное обучение для анализа данных;

3. Развитие символьных вычислений;
4. Обработка естественного языка для математических выражений;
5. Создание математических моделей с помощью нейронных сетей.

Эти тенденции свидетельствуют о потенциале искусственного интеллекта изменить подходы к решению математических задач, упростить процессы исследования в области высшей математики и расширить границы применения математических методов. Однако они не делают изучение математики менее актуальным [4].

Таким образом, математика остаётся неотъемлемой частью технического прогресса, так как предоставляет необходимую теоретическую базу для инноваций и развития новых технологий. Вместо того чтобы уступить место искусственному интеллекту, математика будет продолжать тесно взаимодействовать с этой областью, способствуя возникновению новых математических методов и идей.

Библиографический список

1. *Смирнов В.М.* Математика и искусственный интеллект: взаимосвязь и взаимное влияние. Вестник ВГУ. Серия: Философия, социология и право, 2018, №1 (32), с. 141-147.
2. *Тарасов С.С.* Математика и искусственный интеллект: проблемы и перспективы. Математика и междисциплинарные исследования, 2019, №2 (11), с. 66-74.
3. *Новиков В.И.* Роль математики в развитии искусственного интеллекта. Биосфера, 2012, №2, с. 65-69.
4. *Клименко С.В., Михальченко В.Г.* Математическое мышление и искусственный интеллект: взаимосвязь и влияние на развитие технического прогресса. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2018, №2 (116), с. 91-97.
5. *Ургант В.А.* Воспитание любознательности к математике в условиях техносферы. Профессиональное образование в России и за рубежом, 2015, №1 (45), с. 4-11.

*Тарарухина Е.А., Богданова П.С., студенты 1 курса 51 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук С.В. Ерохин*

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ГОРОДА

В нынешних условиях быстрого темпа роста и развития урбанизированных территорий все большую актуальность получает вопрос организации пространственной структуры городов. Крупные мегаполисы наиболее подвержены возникновению проблем с распределением территорий: нелинейное развитие городских пространств, стремительное приобретение ими новых функций делает жизни в них менее удобной, разрушает их восприятие.

Именно поэтому, во избежание ухудшения ситуации, особенно часто прибегают к методу градореформирования [1]. С углублением в изучение данного явления, все чаще получает актуальность синергетический подход к градостроительству, сущность которого заключается в формировании общих для различных наук моделей восприятия тех или иных явлений. Довольно широкое распространение получила так называемая математизация наук — уникальное явление, представляющее собой внедрение методов и понятий присущих математике в другие области.

Для удобства выделяют два основных математических метода. Один из них — математическое моделирование, т.е. конвертирование какого-либо объекта или системы объектов в понятную математическую модель. У этого метода есть ряд недостатков: например, в связи с тем, что градостроительство является междисциплинарной наукой, при переносе объема данных, часть из них остается неучтенной. Это, в свою очередь, может привести к неправильности конечной модели. Еще один недостаток — невозможность учета динамического характера развития градостроительных структур. И если первую проблему можно решить в контексте применения более сложной модели или даже их совокупности, что приведет к большей систематизации, то этот аспект учесть уже на порядок сложнее.

Преимуществом математического моделирования выступает возможность абстрагироваться от обстоятельств, в данный момент препятствующих выполнению поставленной задачи. За счет этого мы можем воспринимать исследуемую проблему с новой точки зрения.

Например, в контексте применения математической модели в сфере градостроительства, мы можем рассмотреть концепцию теории вероятности. В данном случае она будет выступать как пример дедуктивно-математического подхода к решению строительных и архитектурных задач. Таким образом, целью здесь выступает предугадать тенденции развития городских структур на основе имеющихся данных. Человек интуитивно

стремится использовать существующий опыт для дальнейшего планирования собственной деятельности. Математизация же данного процесса позволит делать это с большей степенью точности, приведет результат в более совершенный вид.

Еще один способ применения математических моделей в градостроительстве — параметрическое моделирование. С его помощью создаются геометрические объекты по определенному набору параметров. Они могут быть изменены для создания различных форм и размеров объекта. Данный тип моделирования позволяет проверить конструктивные элементы за кратчайшее время и избежать ошибок при создании окончательного варианта.

Основные принципы здесь таковы: объект описывается системой уравнений, которые связывают параметры с геометрическими свойствами объекта; изменяя параметры, можно создавать различные формы и размеры объекта без необходимости переписывать уравнения.

Итак, концепция параметрического моделирования является идеальной для проектирования и визуализации как архитектурных зданий, так и планов городских структур, транспортных артерий посредством только лишь манипуляций геометрическими объектами с помощью набора параметров.

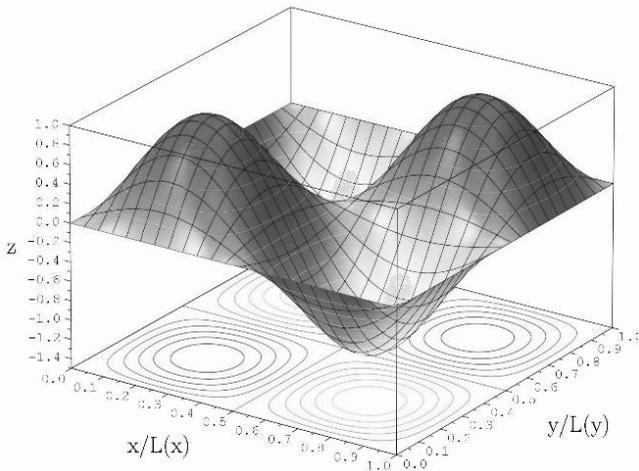


Рисунок 1 - Математическое моделирование

Второй основной способ математизации — аксиоматизация, т.е. процесс построения аксиоматической системы, которая представляет собой формальную систему, состоящую из: аксиомы, теоремы и правила вывода. Использование данного метода в архитектуре имеет несколько преимуществ: выводы в аксиоматических системах основаны на логических

правилах, что гарантирует их правильность; аксиомы и правила вывода можно проверить на непротиворечивость и полноту.

Примером здесь может выступать: Модуль Ле Корбюзье - система пропорций, основанная на размерах человеческого тела, которую Ле Корбюзье использовал в своих архитектурных проектах.

Аксиоматизация в архитектуре является относительно новым подходом, но она имеет потенциал для улучшения нашего понимания архитектурных принципов и отношений, а также для разработки новых и инновационных архитектурных теорий и практик.

Таким образом, мы можем сделать вывод о том, что математические методы организации пространственной структуры города имеют огромный потенциал развития, однако на данный момент многие аспекты требуют доработки.

Библиографический список

1. *Витюк Е.Ю.* Математические методы организации пространственной структуры города: автореф. дис. академ. ст. магистра арх. наук: 521701. - Екатеринбург, 2008. - 20 с.

2. *Витюк Е.Ю.* Математические методы в градостроительстве [Электронный ресурс] /Е.Ю. Витюк //Архитектон: известия вузов. – 2006. – №4(16).

3. *Вейль Г.* Математический способ мышления. /под ред. Б.В. Бирюкова, А.Н. Паршина; пер. с англ. Ю.А. Данилова. – М.: Наука, 1989. – С. 6–24.

4. *Гутнов А.Э.* Эволюция градостроительства. – М.: Стройиздат, 1984 – 256 с.

5. *Шимко В.Т.* Архитектурно-дизайнерское проектирование городской среды. Учебник. – М.: Архитектура-С, 2006. – 384 с., ил.

*Абдулова А.Д., Тебиева А.И., студенты 1 курса 58 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. В.С. Мавзовин*

ЧИСЛО ФИДИЯ

Золотое сечение, также известное как «золотое число», является общим для таких не связанных между собой вещей, как рисунок спиральной раковины, расположение лепестков розы и композиция картины Сальвадора Дали «Тайная вечеря».

Упомянутое число представляет собой геометрическую пропорцию или отношение, которое было исследовано в различных контекстах и находится в эффективной зависимости от деления отрезка на две неравные части.

При таком делении отношение длины большей части к длине меньшей остается неизменным и равно отношению всего отрезка к длине большей части [1].

Впервые золотое сечение было представлено в математическом трактате "Начала" Евклида, рассматривающем различные проблемы геометрии. Оттуда оно проникло в средневековую Европу через арабские переводы "Начал" и стало объектом внимания исследователей разных наук, вызывая интерес своей универсальностью и влиянием на различные объекты.

Фидий, великий художник периода высокой классики, архитектор и скульптор, также считал, что гармония в мире может быть выражена через числовые пропорции.

Он утверждал, что существует универсальный код, который проявляется в структурной гармонии и соразмерном отношении элементов формы как внутри отдельных объектов, так и между различными объектами.

Золотое деление, обозначаемое греческой буквой Φ в честь Фидия, является одной из таких числовых пропорций, применяемых в алгебре. Фидий использовал золотую пропорцию в своих наиболее известных работах, таких как статуи Зевса и Афины, а также в создании Парфенона.

Актуальность данной проблемы заключается в попытке продемонстрировать универсальность числа Φ , которое связывает различные объекты живой и неживой природы.

Понимая этот универсальный закон, мы можем более глубоко понять природу мира и его организацию.

Кроме того, число Фидия может быть использовано для создания идеальных геометрических фигур.

Например, оно может быть применено для построения идеальной пятиконечной звезды.

Пятиконечная звезда из покон веков привлекала внимание людей своим совершенством.

Сейчас пятиконечную звезду можно увидеть на флагах и гербах у многих стран. В чем же заключается секрет ее привлекательности [4]?

Ответ кроется в удивительном постоянстве отношений составляющих ее отрезков.

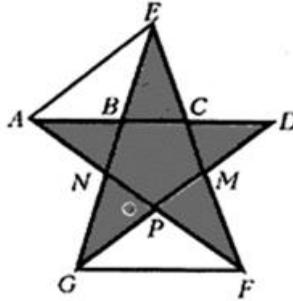


Рисунок 1 - Пятиконечная звезда

Невероятно, но $\frac{AD}{AC} = \frac{AC}{CD} = \frac{AB}{BC} = \frac{AD}{AE} = \frac{AE}{EC}$. Данный ряд равенство можно продолжать еще долго, так как звезда симметрична

Найдем коэффициент пропорции. Пусть $AD = a$, $AC = b$. Воспользуемся первым равенством. $CD = a - b$, из первого равенства отношений следует, что $\frac{a}{b} = \frac{b}{(a-b)}$, или $a^2 - ab - b^2 = 0$. Разделим обе части уравнения на b и, обозначив $\frac{a}{b} = \Phi$, получим выражение $\Phi^2 - \Phi - 1 = 0 \Rightarrow \Phi = \sqrt{5} + \frac{1}{2}$.

Обратим внимание на положительный корень уравнения и рассмотрим отношение меньшего отрезка к большему. Число $\frac{1}{\Phi}$ обозначается строчной греческой буквой ϕ , оно равно $\sqrt{5} - \frac{1}{2}$, что составляет $\phi = 0,618034 \dots$ Число же Φ называется прописной греческой буквой, оно соответственно равно $\Phi = 1,618034 \dots$

Заметим, что значение чисел Φ и ϕ отличаются только первой цифрой, все следующие знаки этих чисел будут совпадать. Этот факт заложен в уравнении для числа $\frac{\Phi}{\Phi^2} - \Phi - 1 = 0$. Перепишем его в виде $\Phi - 1 = \frac{1}{\Phi} \Rightarrow$ числа Φ и ϕ различаются ровно на 1 [5].

Как же разделить отрезок в отношении Φ ? Процесс построения наглядно изображен на рисунке 2.

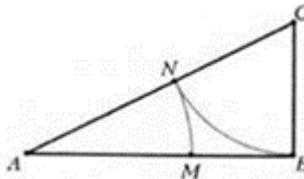


Рисунок 2 - Деление отрезка

Дан отрезок AB , который необходимо разделить в отношении Φ . Восстановим перпендикуляр BC длиной равной половине AB . Далее проведем окружность с центром в точке C и радиусом BC и окружность с центром в точке A и радиусом AN , где точка N – точка пересечения первой окружности с отрезком AC . Вторая окружность пересекает отрезок AB в точке M . Искомая точка и будет делить отрезок в отношении Φ , то есть $\frac{AM}{MB} = \Phi$ [3].

Леонардо да Винчи придерживался мнения о том, что идеальные пропорции человеческого тела должны быть связаны с числом Φ . Деление отрезка в отношении Φ он назвал золотым сечением. Прямоугольник, построенный по принципу «золотого сечения», был назван "золотым прямоугольником". Форма «золотого прямоугольника» была применена в столах, почтовых открытках, книгах и других предметах. Впоследствии книгам стали придавать форму прямоугольника со сторонами, равными $\sqrt{2}$, связано это было с тем, что при перегибании такого прямоугольника образуются два прямоугольника, соотношение сторон которых пропорционально равно сторонам первого. Ещё одно интересное свойство «золотого прямоугольника» заключается в том, что если от него отрезать квадрат, то мы вновь получим «золотой прямоугольник» [2].

В заключение, следует отметить, что наше восприятие красоты и пропорциональности связано с математикой роста, которая обеспечивает увеличение структур без изменения их общей формы.

Библиографический список

1. *Ливио М. Фи* — Число Бога. Золотое сечение — формула мироздания. - 2-е изд. - М.: АСТ, 2021. - 432 с.
2. *Де Касто В.* Золотой стандарт. - 1-е изд. - СПб.: Страта, 2016. 140 с.
3. *Жуков А.В.* Вездесущее число π . - 1-е изд. - М.: Едиториал, 2004. 216 с.
4. *Корчажкина О.М.* Вариации «Золотого сечения», или как найти число Фидия / Сборник научных трудов XXII международной научно-практической конференции. Том Часть 2. — Москва: 1С-Публишинг, 2022. С. 178-182.
5. *Стахов. А.* Код да Винчи и ряды Фибоначчи / 1-е издание. М: 2006. 170 с.

*Чубарых Н.В., Колодий Е.М., Пако Н. Р. А. Ж.,
студенты 1 курса 55 и 52 групп
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. В.С. Мавзовин*

ФРАКТАЛЫ В АРХИТЕКТУРЕ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ

Фракталы — это геометрические фигуры, которые обладают самоподобием во всех масштабах. Они отличаются сложными и повторяющимися узорами, которые встречаются в природе. В последние годы фракталы находят все более широкое применение в архитектуре и градостроительстве.



Рисунок 1 - Фракталы в природе

Термин «фрактал» введён Бенуа Мандельбротом в 1975 году. В математике под фракталами понимают множества точек в пространстве, имеющие дробную метрическую размерность, либо метрическую размерность, отличную от топологической, поэтому их следует отличать от прочих геометрических фигур, ограниченных конечным числом звеньев.

Архитектура. Фракталы могут служить основой для создания уникальных и эстетически привлекательных архитектурных форм. Например:

Храм Кандария в Кхаджурахо: Похожие на фракталы шпили индуистского храма плавно поднимаются друг за другом, устремляя фасад в высоту. Некоторые его детали даже напоминают элементы из набора Мандельброта.

Небоскреб Burj Khalifa в Дубае: Самое высокое здание в мире имеет фрактальную структуру, которая обеспечивает ему устойчивость и эстетическую привлекательность.

Жилой комплекс «VM Houses» в Копенгагене. Это здание отлично демонстрирует мозаичность современной жизни. Одна из самых ярких его особенностей в объеме, где серия балконов спроектирована в форме острых треугольников, прикрепленных к конструкции с помощью растяжек.



а



б



в

Рисунок 2 - Примеры из архитектуры:

- а) Храм Кандария в Кхаджурахо,
- б) Небоскреб Burj Khalifa в Дубае,
- в) Жилой комплекс «VM Houses» в Копенгагене

Градостроительство. Фракталы также можно использовать для планирования и проектирования городов. Например:

Эко-город Масдар возле ОАЭ: Этот город использует фрактальные структуры для оптимизации энергоэффективности и создания устойчивой среды.

Город будущего Songdo в Южной Корее: Этот город был спроектирован с использованием фрактальной планировки, которая обеспечивает ему гибкость и адаптируемость.

Использование фракталов в архитектуре и градостроительстве имеет ряд преимуществ:

Эстетическая привлекательность: Фракталы создают сложные и визуально интересные узоры, которые могут улучшить внешний вид зданий и городов.

Устойчивость: Фрактальные структуры могут быть более устойчивыми к землетрясениям и другим стихийным бедствиям.

Энергоэффективность: Фрактальные планировки могут оптимизировать использование энергии, создавая более компактные и эффективные города.



а



б

Рисунок 3 - Примеры из градостроительства:

- а) Эко-город Масдар возле ОАЭ,
- б) Город Songdo в Южной Корее

Гибкость: Фрактальные структуры могут быть легко адаптированы к изменяющимся потребностям, что делает их подходящими для будущих городов.

В заключение хотелось бы отметить, что фракталы представляют собой мощный инструмент для архитекторов и градостроителей. Они позволяют создавать уникальные, эстетически привлекательные и устойчивые здания и города. По мере развития этой области мы сможем увидеть еще больше инновационных и захватывающих примеров использования фракталов вокруг нас.

Библиографический список

1. *Локотко А.И.* Архитектура национальная и архитектура фрактальная. 2017. 137 с.
2. *Николаев Е.В.* Фракталы Городской Культуры. 2017. 264 с.
3. *Бенуа Мандельброт, Барнсли Майкл, Сайтис Харалампос.* Фракталы как искусство. Сборник статей. 2015. 230 с.
4. *М. Шредер.* Фракталы, хаос, степенные законы. 2001. 528 с
5. *О. И Шелухин О.И., Осин А.В., Смольский С.М.* Самоподобие и фракталы. Телекоммуникационные приложения. 2008. 368 с.

**Секция
«Математическое моделирование
в строительстве»**

Азарнова В.В., Галлямова Л.М., студенты 1 курса 56 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. В.С. Мавзовин

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

После эпохи модернизма происходит внедрение параметрического проектирования, которое привносит в архитектуру футуристичное криволинейное пространство [1], отклоняющееся от традиционных геометрических фигур. Этот подход позволяет осуществить реализацию природной логики в структурном измерении.

Параметрическое проектирование является методологией, опирающейся на использование параметров и их взаимосвязей для создания сложных и инновационных проектов [2]. Изменение *параметров* автоматически приводит к соответствующим изменениям в связанных элементах *модели*.

Развитие данного подхода происходило постепенно. В 1960-х и 1970-х годах архитекторы и инженеры начали применять компьютерные программы для творческих экспериментов с созданием сложных форм и структур [3].

Примером такой практики может служить проект "Гренадерская стрела", разработанный Норманом Фостером в 1962 году. С развитием компьютерных технологий в 1980-х и 1990-х годах началась разработка более сложных трехмерных моделей и использование параметрического проектирования для контроля основных параметров проекта.

Проектом, успешно реализованным с использованием этого подхода, является Центр Помпиду в Париже, созданный Ренцо Пиано и Ричардом Роджерсом. В начале 2000-х годов произошел переход к алгоритмическому подходу, что позволило архитекторам разрабатывать сложные и уникальные формы, примером которого является построение *Water Cube* в Пекине, разработанного компанией *PTW Architects* для олимпийских игр 2008 года.

Параметрическая архитектура обращает особое внимание на внешние геометрические формы моделей, то есть тонкостенные оболочки. Рассматриваемые в математике оболочки являются удобными объектами исследования в качестве поверхностей, форма которых определяется срединной поверхностью.

На иллюстрации, представленной на рис. 1, показаны срединные поверхности оболочек положительной и отрицательной гауссовой кривизны.

Уравнения, описывающие данные поверхности, являются результатом дифференциальной геометрии. Поверхность задаётся тремя параметрическими уравнениями:

$$\begin{aligned}x &= x(u, v), \\y &= y(u, v),\end{aligned}$$

$$z = z(u, v).$$

Геометрию поверхности определяет первая и вторая её квадратичная форма [4].

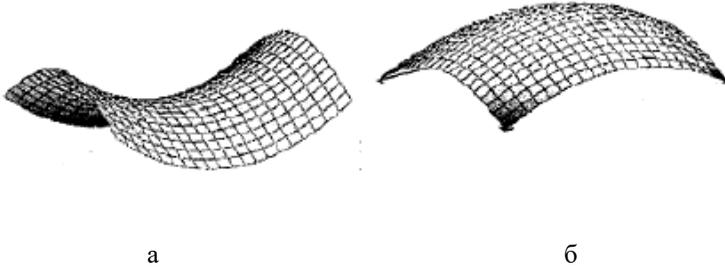


Рисунок 1 - Срединные поверхности оболочек:
а) отрицательной гауссовой кривизны;
б) положительной гауссовой кривизны

Геометрия овалов Кассини [5] играет значительную роль в анализе и понимании природных процессов, поскольку их трансформации тесно связаны с изменением параметров фокусного расстояния. Это соотношение, фундаментальное для объяснения процессов деления, наблюдаемых в природе, находит широкое применение. В данном контексте, множество объектов, включая биологические клетки, поддаются описанию через кассиниоиды - геометрические тела, форма которых обусловлена вращением овалов Кассини вокруг вертикальной оси.

Разделение кассиниоидов наступает при изменении условий энергетического равновесия, а такой процесс может быть грамотно представлен в геометрических терминах при изменении фокусного расстояния овала Кассини.

Превышение определенного энергетического порога подталкивает кассиниоидные объекты к стабильному состоянию, достижение которого обусловлено изменениями в энергии и форме, описываемыми овалами Кассини. Кроме того, лемниската Бернулли и ее пространственный эквивалент лемнискатода могут отражать состояние термодинамического равновесия в системе.

Непрерывно-топографическая поверхность Кассини (рис. 2) включает в себя линии уровня овалов Кассини. Эта поверхность основана на окружности, а при ее прямолинейном продолжении вдоль оси z получается лемниската Бернулли.

Поверхность Кассини задана параметрическим способом, где параметр u изменяется в пределах $0 \leq u \leq 2\pi$; a – параметр изменения формы овалов; c – параметр изменения оси непрерывно-топографической поверхности [4]:

$$\begin{aligned}x &= x(u, z) = r \cos u, \\y &= y(u, z) = r \cos z, \\z &= z,\end{aligned}$$

$$r = r(u, z) = \sqrt{c^2 \cos 2u \pm \sqrt{a^4 - c^4 \sin^2 2u}}$$

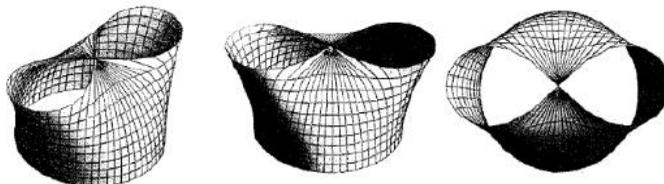


Рисунок 2 - Непрерывно-топографическая поверхность Касини

Параметрическое проектирование выражает собой совокупность методов и техник, которые позволяют научно обоснованно и системно подходить к разработке архитектурного решения. Применение параметрического проектирования позволяет разрабатывать инновационные и сложные проекты, оптимизировать конструкции и сокращать временные затраты на проектирование и строительство [6].

Библиографический список

1. *Мелодинский Д.Л.* Художественная практика архитектуры параметризма: восторги и разочарования – 2017. – №4(41). – С. 7.
2. *Кравченко Г.М., Подолько К.П., Литовченко Т.А.* Дигитальная архитектура //Инженерный вестник Дона – 2017. - №4.
3. *Надыришин Н.М.* Параметризм как стиль в архитектурном дизайне // Вестник ОГУ – 2013. - №1. – С. 53-57.
4. *Кривошапко С.Н., Иванов В.Н., Халаби С.М.* Аналитические поверхности: материалы по геометрии 500 поверхностей и информация к расчёту на прочность тонких оболочек. М.: Наука, 2006. 544 с.
5. *Стессель С. А.* Заимствование природных принципов формообразования в параметрической архитектуре // Вектор науки ТГУ – 2015. - №2 – С. 52-57.
6. *Кравченко Г. М., Труфанова Е. В., Ладная Е. В.* Рациональное проектирование элементов пространственного каркаса здания // Инженерный вестник Дона – 2017. - №1.

Арефьева П.И., Минина П.А., студенты 1 курса 42 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. В.С. Мавзовин

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАДИОНОВ

Целью данной статьи является изучение использования математических моделей при разработке проекта спортивного объекта. В статье рассматривается роль математического моделирования в строительстве. Описаны методы, основные этапы построения, а также преимущества и ограничения использования математической модели в проектировании.

Математическая модель – это абстрактное описание некоторой системы или явления, представленное в виде математических уравнений, формул и других математических объектов. Математические модели используются для изучения, прогнозирования и управления сложными системами в различных областях науки, техники и науки.

Основные этапы построения математической модели:

1. Определение цели и задач моделирования
2. Сбор и анализ данных о системе
3. Выбор подходящих математических методов и инструментов
4. Разработка математической модели
5. Верификация и валидация модели
6. Использование модели для решения поставленных задач [2].

Математическое моделирование играет важную роль на всех этапах проектирования строительных объектов, позволяя инженерам и архитекторам анализировать и оптимизировать конструкции, а также предсказывать их поведение в различных условиях.

Методы математического моделирования в строительстве:

- Метод конечных элементов (МКЭ): разделяет конструкции на небольшие элементы и анализирует их взаимодействие.
- Метод граничных элементов (МГЭ): дискретизирует только границы конструкций, что приводит к более эффективным моделям для определенных типов проблем.
- Метод конечных разностей (МКР): решает дифференциальные уравнения, которые описывают поведение конструкций, путем разбиения их на дискретные интервалы.
- Вычислительная гидродинамика (CFD): симулирует поток жидкости в трубопроводных системах и других конструкциях.

- Дискретно-элементный метод (DEM): моделирует поведение отдельных частиц, таких как, например, почва [3,5].

Стадион состоит из двумерных геометрических фигур, а именно прямоугольника и полукруга. Рассмотрим используемые математические формулы при расчетах спортивного объекта:

Вместимость = длина трибун × ширина трибун × среднее количество мест на ряд × количество рядов.

Нагрузка на трибуны = плотность толпы × общая вместимость

Площадь = длина площадки × ширина площадки

Высота = $2 \times$ радиус

Общая длина = $2 \times$ радиус + прямая сторона

Периметр стадиона = $2 \times (\pi \times$ радиус + прямая сторона)

Где: $\pi = 3,141592654$ (с точностью до 9 знаков после запятой) [1].

Математические модели играют важную роль в архитектурном проектировании спортивных арен, позволяя архитекторам и инженерам анализировать и оптимизировать различные аспекты конструкции.

1. Структурный анализ:

- Моделирование несущих конструкций арены для расчета нагрузок, напряжений и деформаций.
- Оптимизация конструкции для обеспечения структурной целостности и безопасности.

2. Акустическое моделирование:

- Моделирование акустических характеристик арены для анализа времени реверберации, уровня шума и разборчивости речи.
- Оптимизация дизайна арены для создания желаемой акустической среды.

3. Моделирование потока толпы:

- Моделирование движения толпы в и из арены для анализа времени эвакуации, плотности толпы и потенциальных рисков.
- Оптимизация планировки арены и путей эвакуации для обеспечения безопасности и комфорта зрителей.

4. Энергетическое моделирование:

- Моделирование энергопотребления арены для анализа эффективности систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВКВ).
- Оптимизация энергопотребления и снижения эксплуатационных расходов.

5. Моделирование освещения:

- Моделирование освещения арены для анализа уровня освещенности, равномерности и бликов.
 - Оптимизация дизайна освещения для обеспечения комфортного и безопасного зрительского опыта.
6. Моделирования вентиляции:
- Моделирование вентиляции арены для анализа воздушного потока, качество воздуха и комфорта зрителей.
 - Оптимизация системы вентиляции для обеспечения здоровой и комфортной среды.
7. Моделирование эвакуации:
- Моделирование эвакуации арены для анализа времени эвакуации, путей эвакуации и потенциальных рисков.
 - Оптимизация путей эвакуации и процедур для обеспечения безопасности зрителей в случае ЧС.

Эти модели являются важным инструментом в процессе проектирования, помогая создавать высокоэффективные и безопасные спортивные арены [4].

Подводя итог, можно отметить, что в деятельности архитектора, инженера и градостроителя не обойтись без умения работать с математическими моделями.

Библиографический список

1. *Мартин Виммер* «Проектирование стадионов. Практическое пособие». / 2020. г. Берлин 320 с.
2. *Kai Velten* «Mathematical Modeling and Simulation: Introduction for Scientists and Engineers» / 2019 г. Лондон 364 с.
3. *Jan B. Oblak, Vojteh Leskovsek, and Ctromir Tavzes* "Mathematical Modelling in Civil Engineering". / 2013 г. г.Варшава 31 с.
4. *A. Mailybaev* Building and Structural Construction: Mathematical Modelling and Computer Simulation / 2005. г.Москва 200с.
5. *Bernard P. Zeigler and Alexandre Muzy* Mathematical Modelling for Sustainable Development. / 2017 г. ш.Аризона 26 с.

Беликова А.К., Минаева К.М., студенты курса 55 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. В.С. Мавзовин

МАТЕМАТИКА В ХРАМОВОМ ЗОДЧЕСТВЕ

В работе мы погрузимся в мир храмового зодчества, чтобы исследовать, как математические принципы становятся неотъемлемой частью создания этих священных мест и как они раскрывают перед нами великое единство веры и пропорций.

Математика в храмовом зодчестве появилась из стремления архитекторов создавать красивые, пропорциональные и гармоничные сооружения, которые служили бы не только местом поклонения, но и символизировали бы космический порядок и духовные идеалы.

С древних времен архитекторы использовали математические принципы, такие как геометрия, арифметика и алгебра, для определения пропорций, размеров и распределения пространства внутри храмов. Эти математические концепции помогали создавать величественные архитектурные сооружения, которые впечатляют своей красотой и символизмом [1].

Изучение математики в храмовом зодчестве открывает двери в захватывающий мир сакральной геометрии. Она основана на убеждении, что определенные геометрические формы и узоры имеют символическое значение, представляя собой план творения и гармоничный порядок вселенной. Они могут также носить смысл и являться символом веры.

Сакральная геометрия имеет свои корни в древних цивилизациях, таких как Египет и Месопотамия, где она использовалась при строительстве религиозных сооружений и в создании произведений искусства. Одним из ранних примеров сакральной геометрии является пирамида в Гизе. В постройке этой пирамиды используется цветок жизни.

Цветок Жизни — это один из ключевых символов сакральной геометрии, который состоит из ряда равных окружностей, пересекающихся таким образом, что центры каждой из них находятся на пересечении шести других. Этот символ часто ассоциируется с гармонией, балансом и космическим порядком. Он считается священным образом, который отражает структуру вселенной и единство всего сущего.

Цветок Жизни считается основным источником, из которого происходят все другие геометрические формы. К примеру, Семя Жизни — это символ, состоящий из семи перекрывающихся кругов одинакового радиуса. Этот символ является частью Цветка Жизни и представляет собой основу сакральной геометрии.

Также существуют другие символы, каждый из которых имеет свое уникальное значение и представляет различные аспекты творения и космоса.

Мы знаем, что сакральные символы использовались и в планах христианских соборов (крест распятия). К примеру, Сиенский собор Успения Пресвятой Девы Марии [2].

Отдельно хотелось бы выделить геометрию храмов в Индии. Древние индийские мудрецы заложили основные каноны искусства и архитектуры, где все рукотворные объекты и сооружения должны поддерживать гармонию с космосом. В соответствии с этой традицией индуистские храмы являются символическими представлениями моделей космоса.

Древние индийские инженеры были опытными геометрами. Они использовали свои навыки при создании подробных макетов храмов и их строительстве.

Геометрия использовалась при подготовке макетов храмов:

1. Нарисуйте равносторонний треугольник.
2. Соедините середины сторон равностороннего треугольника. Это разделит треугольник на четыре одинаковых по размеру равносторонних треугольника. Теперь, уберите из этого центральный треугольник.
3. Далее, разделите каждый из этих трех новых треугольников в соответствии с указаниями, приведенными в шаге 2, на четыре равносторонних треугольника. Затем удалите их центральные треугольники.
4. Каждый из этих девяти новых треугольников разделите на четыре равносторонних треугольника и удалите их центральные треугольники.
5. Повторите процедуру, описанную в шаге 2.

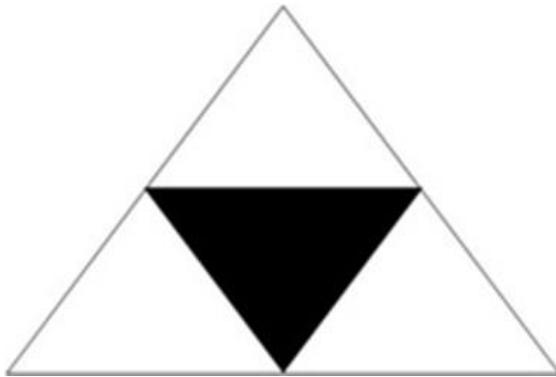


Рисунок 1 - Начальный этап усложнения рисунка

Каждая часть этой сложной фигуры является точной копией целого. Этот дизайн развивается по мере выполнения каждого шага.

Геометрия самовоспроизводящихся форм известна как фрактальная геометрия.

В Индии фрактальная геометрия применялась в искусстве и архитектуре на протяжении последних 1700 лет. Она использовалась для создания

подробных макетов храмов. Дизайн шикхара (шпиля) храма Кандарья Махадева в Кхаджурахо, построенного в XI в. нашей эры, был создан с использованием фрактальной геометрии. Здесь главный шикхар окружен своими меньшими копиями.

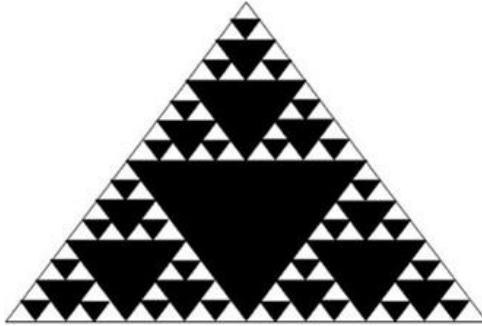


Рисунок 2 - Фрактальная геометрия: усложненный рисунок

Они же окружены еще меньшими копиями. Узор повторяется в уменьшающемся масштабе. Данный пример доказывает просвещённость древней индийской нации и ее умение выражать знания через творение [3].

Итак, сакральная геометрия играет ключевую роль в процессе создания архитектурных форм, символизируя духовный мир и веру.

Фрактальная геометрия, рассмотренная в статье, является уникальным аспектом исследования, подчеркивающим существование математических закономерностей в природе и архитектуре.

Библиографический список

1. *Алексеев В. В.* "Математика и искусство. Сакральная геометрия." М.: Просвещение, 1992. 240 с.
2. *Чудновский Ю.В.* "Сакральная геометрия храмов." М.: Культинформпресс, 2010. 168 с.
3. *Исаева В. В., Касьянов Н. В.* Фрактальность природных и архитектурных форм //Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2006. – №. 5. – С. 119–127.

*Вихрова Д.А., студентка 1 курса 53 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. В.С. Мавзовин*

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В современном мире мы видим огромное разнообразных сооружений, на возведение которых строительные компании тратят колоссальное количество ресурсов, таких как:

- Материальные ресурсы;
- Технические ресурсы;
- Организационно-технологические ресурсы.

Строительство является сложным процессом, требующим точного расчёта и планирования на каждом из следующих этапов:

1. Проектирование;
2. Получение разрешений и лицензий;
3. Подготовка материалов и оборудования;
4. Подготовительные работы;
5. Строительные работы;
6. Отделочные работы;
7. Оценка качества выполнения работ;
8. Основная проверка и сдача объекта [1].

Строительные компании, как и любое другое предприятие, заинтересованы в оптимизации расходов без снижения качества и прочности сооружения, без увеличения времени, затраченного на возведение.

Оптимизация – процесс, направленный на получение максимально возможного результата, при минимально возможных затратах. В строительной сфере предусматривает оптимальное использование строительных материалов и организационных ресурсов [3].

Основные вопросы строительства, которые можно оптимизировать:

- Оптимизация проектов;
- Организация поставок материалов;
- Выбор подрядчиков и поставщиков;
- Выбор оптимальных технологий;
- Оптимизация расходов на транспорт;
- Оптимизация строительного процесса;
- Оптимальная планировка территории;
- Выгодное применение новых технологий и материалов [4].

Каждый из вышеперечисленных пунктов оказывает значительное влияние на конечный результат строительства, сроки возведения сооружения и качество выполнения строительных работ. От правильности

выполнения оптимизационных работ зависят затраты на реализацию данных пунктов [5].

В задачах на оптимизацию заданы определенные условия производства, исходя из которых, требуется найти неизвестные величины с целью минимизации расходов и максимизации качества. Математической моделью задач такого типа являются одно или два линейных уравнения относительно данных неизвестных и одно линейное или простейшее нелинейное уравнение, связывающее неизвестные и величину, максимум (далее - \max) и минимум (далее - \min) необходимо найти. Данная величина вводится как параметр и является целевой функцией. Решением такой задачи будет являться \max и \min значения параметра, при которых уравнение имеет минимум один корень на множестве положительных чисел и удовлетворяющий заданным условиям.

В общем случае оптимизационную задачу можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned} F &= f(x_j) \rightarrow \max(\min); \\ g_i(x_j) &\leq b_i (i = 1, m); \\ d_i &\leq x_j \leq D_j (j = 1, n); \end{aligned}$$

Где F – целевая функция;

$g_i(x_j) \leq b_i$ – заданные ограничения;

$d_i \leq x_j \leq D_j$ – граничные условия.

Данная система – общий случай математической записи оптимизационных задач. Но не все задачи можно привести к этой записи. Необходимо видеть взаимосвязь между заданными условиями и целью строительной компании. Составляются функции, через которые выражается зависимость относительно поставленных ограничений, которые аналогично могут быть заданы функцией. Следовательно, нужно вследствие различных математических преобразований прийти к функции, содержащей все условия. Анализ такой функции приведет к оптимальному решению. Основным методом такого исследования выступает дифференцирование, нахождение \max , \min функции. В результате подобных расчетов мы получаем информацию об оптимальном значении искомых величин. Следовательно, является возможным принятие рационального решения на основе доступных данных [2].

Оптимизация – важнейший компонент планирования затрат, позволяющий строительной компании сбалансировать издержки производства, не понижая показатели «качество» и «эффективность». Результатами оптимизационных математических расчетов не стоит пренебрегать ни на одном этапе строительства, так как от этого напрямую зависит конечный результат деятельности компании.

Оптимизация – важнейший процесс, требующий точных математических расчетов, обширных знаний в соответствующей сфере, полноценного

исследования рынка строительных материалов, анализ возможных вариантов сотрудничества с другими компаниями, долгосрочного прогнозирования изменений в организации предприятия и проведении работ. Следует предположить, что строительной компании следует тщательно отбирать специалистов, способных реализовать данный процесс с максимальной точностью. В современном мире развития всех сфер общества строительное производство так же не стоит на месте: ежегодно появляется огромное количество разнообразных технологий, упрощающих возведение сооружения, открываются новые материалы или свойства старых, позволяя расширить область их применения. Грамотный специалист при решении оптимизационных задач примет все нововведения во внимание, сможет определить потенциально выгодные для точной реализации целей строительной компании.

Оптимизационные работы не должны быть проигнорированы предприятием, так как это может повлечь за собой нерациональные расходы и издержки производства.

Библиографический список

1. *Калашиников А.А., Ватин Н.И.* Организация, управление и планирование в строительстве: учебное пособие - Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та, 2011. – С. 82 – 122.
2. *Акимова Е.В.* Управление затратами в строительстве. Журнал «Справочник экономиста» №5, 2014. – с.3 - 5
3. *Байрамуков С.Х., Долаева З.Н., Карабышев Р.К., Текеев И.С.* Оптимизация проекта организации с учетом фактора энергопотребления // Известия СевКавГГТА. №3(17).2018. – С. 19 – 26.
4. *Афанасьев В.А.* Поточная организация строительства // Стройиздат, 1990. – С. 302 – 310.
5. *Величкин В.З., Петроченко М.В., Птухина И.С., Городишенина А.Ю.* Методика Оптимизации затрат строительных компаний при реализации общей технологии возведения объекта // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. – С. 21.

*Громцева П.Е., Меньшикова Е.С., студенты 1 курса 54 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. В.С. Мавзовин*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Конструктивное проектирование объемных сооружений требует тщательного подхода, поскольку они обладают значительной прочностью без промежуточных опорных элементов. Эффективная методология предполагает использование поверхностей второго порядка. В данной статье мы рассмотрим различные случаи применения этого метода.

Внимание к прочности на этапе проектирования большепролётных конструкций является обязательным из-за отсутствия промежуточных опор. Следовательно, все нагрузки, прикладываемые к конструкции, должны быть равномерно распределены и эффективно противостоять им без промежуточного армирования. Поверхности второго порядка обладают отличительными характеристиками, делающими их благоприятными для проектирования объемных конструкций. Во-первых, вогнутая конфигурация поверхностей второго порядка способствует равномерному распределению нагрузки по всей их площади, обеспечивая повышенную целостность и устойчивость конструкции [1].

Во-вторых, ярко выраженная геометрическая линейчатость поверхностей второго порядка позволяет точно представить их с помощью математических уравнений, что способствует точному прогнозированию и оценке поведения конструкции под нагрузкой.

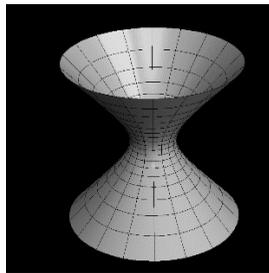
*а**б**в*

Рисунок 1 - Использование поверхностей второго порядка в архитектуре:
а, б) Namad International Airport в Катаре;
в) Однополостный гиперболоид

Стоит также отметить, что эволюция строительных материалов, таких как современные композиты, высокопрочные сплавы и инновационные

составы бетона, вносит значительный вклад в практическую осуществимость и устойчивость большепролетных конструкций.

Эти материалы обеспечивают улучшенные конструктивные свойства, включая большую прочность на разрыв, повышенную долговечность и снижение воздействия на окружающую среду.

Кроме того, интеграция передовых строительных методик, таких как сборные конструкции, модульное строительство и цифровые технологии изготовления, повышает эффективность и точность сборки большепролетных конструкций.



Рисунок 2 - Проект ангара для самолёта с использованием поверхности параболического цилиндра

Применение поверхностей второго порядка можно наблюдать во всем спектре объемных конструкций. Например, в аэропортах есть обширные ангары с вогнутыми крышами, в которых размещаются самолеты без промежуточных опор [2]. Поверхности второго порядка — это отдельная группа геометрических конструкций, управляемых математическими уравнениями второго порядка, возникающими из квадратичных членов в уравнениях, где « x », « y » и « z » обозначают координаты на плоскости или в пространстве. В частности, часто встречаются гиперболические параболоиды, примером которых является уравнение:

$$z = ax^2 + by^2$$

Коэффициенты « a » и « b » определяют вид поверхности. Положительные коэффициенты дают параболоид, раскрывающийся вверх, отрицательные – раскрывающийся вниз, а коэффициенты с противоположными знаками – гиперболический параболоид. Последний обладает свойствами формы и ориентации, а координатные оси служат основными осями [3, 5].

Поверхности второго порядка находят применение в конструкции мостов, поддерживая основную стальную конструкцию с помощью подвесов, что позволяет создавать пролеты с повышенной прочностью и

устойчивостью. [4, 6]. Поверхности второго порядка занимают важное место в конструкции купольных сооружений, что находит свое отражение в спортивных стадионах и выставочных павильонах [5].



а



б

Рисунок 3 - Использование поверхностей второго порядка в большепролётных сооружениях

а) Крымский мост; б) Стадион Фишт в Сочи

В заключение следует отметить, что использование поверхностей второго порядка представляет собой значительное достижение в области проектирования большепролётных конструкций, однако необходимо признать вспомогательную роль новых материалов, методик и технологий. Благодаря междисциплинарному сотрудничеству и внедрению технологических инноваций строительная отрасль сможет продвинуться к созданию более прочных, эффективных и устойчивых конструкций в будущем.

Библиографический список

1. *Афонин И.А.* Технология и организация монтажа специальных сооружений: учебное пособие / И.А. Афонин, Г.И. Евстратов, Т.М. Штоль. – М.: Высшая школа, 1986. 368 с.
2. *Барон Р.И.* Производство монтажных работ с помощью вертолетов / Р.И. Барон, К.Н. Макаров. – М.: Стройиздат, 1984. 124 с.
3. *Броверман Г.Б.* Строительство мачтовых и башенных сооружений / Г.Б. Броверман. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1984. 256 с.
4. *Генералов В.П.* Особенности проектирования высотных зданий: учебное пособие / В.П. Генералов; Самарский гос. архитектур.-строит. ун-т. – Самара: СГАСУ, 2009. 296 с.
5. *Диамант М.И.* Технология возведения сложных сооружений: учебное пособие / М.И. Диамант, Е.М. Белова. – Кемерово: КузГТУ, 2007. 198 с.
6. *Зюлько Е.* Монтаж стальных конструкций / Е. Зюлько, Г. Орлик; пер. с пол. М.Л. Мозгалевой; под ред. М.В. Предтеченского. – М.: Стройиздат, 1984. 284 с.

Ершова Е.Д., студентка 1 курса 41 группы ИАГ
 Научный руководитель –
 доц., канд. техн. наук, доц. **В.С. Мавзовин**

ПОДХОД К ФУНКЦИОНАЛЬНОМУ ОПИСАНИЮ МАССОВО-ОПЕРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ЗАДАЧАХ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СЫРЬЯ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ

В керамической, стекольной и других отраслях строительной промышленности большое внимание уделяется диагностике качества сырья природного происхождения (например, кварцевого песка, молотого талька, доломита, полевого шпата и др.), что указано в соответствующих стандартах (табл. 1). Одним из ключевых параметров контроля качества сред является содержание металлопримесей, которые неизбежно могут быть в нее привнесены на различных этапах обработки и транспортировки [1-3]. Даже в самой маркировке многих сред этот параметр должен быть отражен: например, для доломита и кварц-полевошпатовых материалов (таблица 1).

Таблица 1

Сведения о нормировании массовой доли примесей Fe_2O_3 в марках различного сырья строительных материалов

Сырье	Марка/вид	Массовая доля Fe_2O_3 , %	ГОСТ на метод контроля
Доломит ГОСТ 23672-2020	ДК-19-	0,05	23672-2020
	ДК-19-	0,1	
	ДК-18-	0,25	23673.2-
Тальк молотый ГОСТ 21234-75	ТМК-28	5	19728.4-2001
	ТМК-27	6	
	ТМК-24	8	
Материалы кварц-полевошпатовые ГОСТ 7030-2021	КПШМ	0,2	26318.3-84
	КПШМ	0,3	
	КПШМ	0,2	

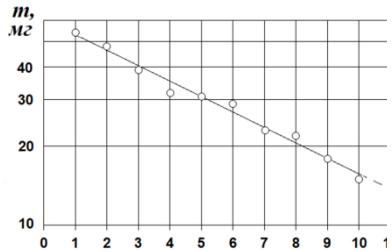
Поскольку примеси, в основном, обладают магнитными свойствами, в числе предпочтительных является метод их магнитного контроля (например, ГОСТ 23672), необходимым условием которого является проведение многократных операций извлечения таких примесей постоянным или электромагнитом. При этом целесообразным является не суммирование извлеченных масс примесей, а фиксирование каждой из них на каждой операции магнитоконтроля [4].

На рисунке 1а показаны массово-операционные характеристики магнитного контроля примесей одной из таких строительных сред, причем

с проведением завышенного (по сравнению с требованиями ГОСТ) количества операций. Видно, что характеристика является асимптотически убывающей, а значит добиться полного извлечения магнитных примесей является практически невыполнимой задачей. Однако истинное содержание примесей можно определить математически.



а)



б)

Рисунок 1 - Результат магнитного контроля пробы кварцевого песка – в виде пооперационной зависимости массы $m(n)$ железистых примесей, извлеченных из пробы:

а) зависимость в декартовых координатах,

б) зависимость в координатах с логарифмической осью ординат

Решением поставленной задачи является подход, предполагающий функциональное описание зависимости убывания массы m железистых примесей от n -ой операции. Одним из результативных шагов для установления закономерности получаемой эмпирической зависимости m от n является ее графическая иллюстрация в полулогарифмических координатах (рис. 1б) – в этом случае подтверждается факт линеаризации аппроксимирующей (факт квазилинеаризации), а значит справедливо суждение об экспоненциальном виде зависимости $m(n)$ [4, 5]:

$$m = A \cdot e^{-kn} \quad (1)$$

Числовые значения параметров A и k являются индивидуальными для каждой среды. Для их определения необходимо решить систему из двух уравнений, в основу которых закладывается формула (1) и выбираются с аппроксимирующего тренда две пары значений $m(n)$. Таким образом, становится возможным определять любое текущее значение m , в том числе, что важно, – за пределами фактически проведенного эксперимента с применением экстраполяции.

Но важно решить задачу определения общей массы примесей в пробе (вплоть до бесконечности). Стоит отметить, что в данной прикладной задаче зависимость дискретна (справедлива для натурального ряда чисел 1, 2, 3... и т.д.): $m_1 = A \cdot e^{-k}$; $m_2 = A \cdot e^{-2k}$; $m_3 = A \cdot e^{-3k}$ и т.д. А значит становится возможным ее представить в виде количественного ряда –

убывающей геометрической прогрессии, знаменатель которой находится как:

$$q = m_n / m_{n-1} = \exp(-k) \quad (2)$$

Следовательно, зная m_1 (как первый член прогрессии) и знаменатель q , возможно определить сумму бесконечного числа членов прогрессии – суммарную потенциальную массу осадка $m_{1...∞}$:

$$m_{1...∞} = \sum_{n=1}^{\infty} m_n = \frac{m_1}{1-q} = \frac{A}{e^k - 1}, \quad (3)$$

а также возможно определить массу извлеченных примесей для ограниченного числа операций контроля и его эффективность:

$$m_{1..n} = \frac{m_1 - m_n q}{1-q} = \frac{A(1 - e^{-nk})}{e^k - 1}, \quad (4)$$

$$\psi_{1..n} = \frac{m_{1..n}}{m_{1...∞}} = 1 - e^{-nk} \quad (5)$$

Библиографический список

1. Минько Н.И., Яхья М., Добринская О.А. Влияние примесей в кварц-полевошпатовом песке на качество стекла // Техника и технология силикатов - 2016. Т. 23. № 3. С. 21-24.
2. Конев Н.Н., Сало И.П., Мельник Н.Ф., Гордийчук В.Н. Магнитное дообогащение кварцевого песка на стекольных заводах // Стекло и керамика - 2003. № 5. С. 33-34.
3. Сандуляк А.В., Сандуляк А.А., Еришов Д.В. и др. Магнитная сепарация сырья для производства стекла и керамики. Проблемы контроля железистых примесей (обзор) // Стекло и керамика - 2012. №6. С. 29-34.
4. Патент РФ № 93305. Сандуляк А.А., Полисмакова М.Н., Свистунов Д.И. и др. Устройство для определения содержания в текучей среде магнитовосприимчивых примесей (варианты). 2010.
5. Сандуляк А.А., Полисмакова М.Н., Еришов Д.В. и др. Функциональная экстраполяция массово-операционной характеристики магнитофореза как основа прецизионного метода контроля феррочастиц // Измерительная техника - 2010. № 8. С. 57-60.

Кузьменко В.В., Иванникова Д.В., студенты 1 курса 58 группы ИАГ
Научный руководитель –
преподаватель В.В. Харламова

РАСЧЁТ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ КОММУНИКАЦИОННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Расчёт движения людских потоков и определение размеров коммуникационных помещений являются важными аспектами при проектировании мест общего пользования. Анализ потоков позволяет оптимизировать планировку помещений, учитывая эргономику и безопасность, а также обеспечивает комфортное пребывание посетителей.

Для оптимизации планирования пространств используется плотность человеческого потока D , которая выражается как отношение [1]:

$$D = \frac{\Sigma f}{l\delta},$$

где f – площадь горизонтальной проекции человека, m^2 ; δ и l – ширина и длина потока соответственно, m .

В результате экспериментов было установлено, что максимальная плотность, при которой перемещение фактически останавливается, составляет $D=0,92$ [4].

Также было выяснено, что скорость v движения зависит от плотности и типа пути, и после анализа физических наблюдений были найдены средние значения скорости движения для различных путей (рисунок 1).

Влияние психоэмоционального состояния людей на скорость (рисунок 2) можно описать с помощью коэффициента условий движения μ , который отражает отношение скорости в аварийной или комфортной ситуации к скорости при нормальных условиях [4].

Пропускная способность Q связывает плотность D , скорость v и ширину δ , то есть отражает количество людей, проходящих через участок пути шириной δ за единицу времени:

$$Q = Dv\delta, \text{ м}^2/\text{мин.}$$

Величина, описывающая количество людей, проходящих через область шириной l м за единицу времени, определяется как интенсивность движения q :

$$q = Dv, \text{ м/мин.}$$

Для того чтобы исправить пути движения потока с целью обеспечения комфорта и безопасности людей или экономии на материалах для

обустройства коммуникационных помещений, необходимо провести их оценку. Это можно сделать на основе расчетных предельных состояний: первое состояние - когда пути не могут в заданное время пропустить установленное количество людей ($t \leq t_{\text{ПР}}$); второе состояние - когда создаются такие плотности потока, которые превышают определенные значения ($D \geq D_{\text{ПР}}$) [3].

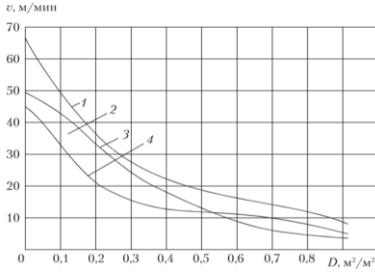


Рисунок 1 - Скорость движения потока в зависимости от их плотности:
 1 – проемы; 2 – горизонтальные пути; 3 – лестницы (спуск);
 4 – лестницы (подъем)

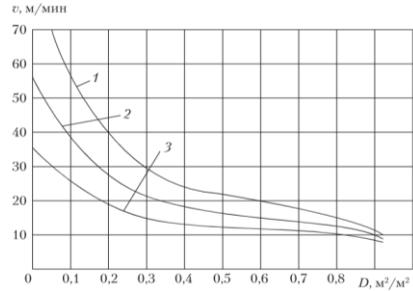


Рисунок 2 - Скорость движения потока для разных условий:
 1 – аварийное;
 2 – нормальное;
 3 – комфортное

Существуют некоторые закономерности, которые также могут помочь в оценке путей [5]. Чтобы их обнаружить необходимо разделить весь путь, преодолеваемый потоком, на сумму соседних участков, отличающихся по типу пути или величине. Для свободного перехода через границу таких участков их пропускная способность должна быть одинаковой:

$$Q_n = Q_{n+1}.$$

Интенсивность движения на участке $n + 1$ можно представить, как развернутый вид формул Q_n и Q_{n+1} :

$$q_n \delta_n = q_{n+1} \delta_{n+1},$$

$$q_{n+1} = q_n \frac{\delta_n}{\delta_{n+1}}.$$

Если пропускная способность первого участка больше, чем второго, то перед их границей будут скапливаться люди.

В такой ситуации при преодолении границы поток будет разрезаться из-за того, что одному значению интенсивности q участков соответствуют два значения плотности D .

При соединении потоков в местах, где пути пересекаются, формируется единый поток, состоящий из нескольких частей, следующих друг за другом и имеющих различные плотности и скорости. Затем происходит перераспределение, после которого потоки начинают обладать едиными характеристиками [2].

Таким образом, для расчета необходимо:

1. ОбщО определить задачу и установить время эвакуации людей при нормальных обстоятельствах;

2. Задать расчетные предельные состояния;

Найти число людских потоков, которые возникнут в здании;

Проанализировать все пути движения и выбрать такие, по которым вероятнее всего пройдут людские потоки;

Представить примерное количество людей в каждом начальном потоке и найти их плотности на первом участке;

Определить свойства и время движения потоков до места слияния с другими и до пересечения со следующим участком и т.д.;

Изучить результаты расчетов и, если возникли места, в которых движения может быть затруднено, или коммуникационные помещения необоснованно большие, исправить пути движения [2].

Исходя из проведенного анализа и расчетов можно сделать следующий вывод: путем определения плотности людского потока и моделирования движения можно оптимизировать распределение коммуникационных помещений и путей передвижения, уменьшить риск возникновения аварийных ситуаций, разработать меры для улучшения пропускной способности и снижения перегрузок, создать удобную и функциональную среду для пользователей объекта.

Библиографический список

1. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
2. *Ларионова К.О. [и др.]; под общей редакцией А. К. Соловьева. Основы архитектуры и строительных конструкций: учебник для вузов—*
3. Москва: Издательство Юрайт, 2020. 490 с.
4. *Холщевников В.В. Исследование людских потоков и методология нормирования эвакуации людей из здания при пожаре.-М.: МИНБ МВД России, 1999.93 с.*
5. *Предтеченский В.М., Милинский А.И* Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков: Учеб. пособие для вузов. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Стройиздат, 1979. 375 с.
6. *Холщевников В.В.* Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов: Дис. на соиск. уч. степ. д-ра техн. наук. М., 1983.
- 7.

*Межуев А.С., Трунтов Н.С., студенты 1 курса 31 группы ИПГС
Научный руководитель –
преподаватель Т.Ю. Познахирко*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Математическое моделирование – это очень эффективный, сравнительно недорогой, и нередко – единственно возможный путь изучения явлений или управления их параметрами. Математические модели используются в организации строительства для поиска, обоснования и выбора оптимальной структуры управления [1, 5].

Обычно применяемые в экономических моделях методы теории организации и управления непосредственно заимствованы из технических дисциплин. Эти методы объясняют, как надо управлять физической системой, воздействуя на соответствующие свободные параметры при ограничениях, характеризующих законы функционирования системы, но недостаточно учитывают социально-психологические факторы [1, 2, 5].

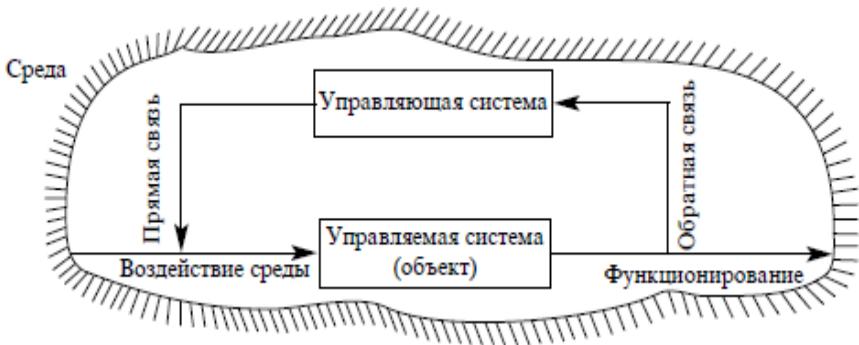


Рисунок 1 - Структура модели управления процессами

На практике можно выделить следующие основные направления моделирования систем:

- математико-кибернетическое моделирование, включающее в себя математические многоуровневые системы принятия решений, имитацию процессов организационного управления, формальное описание информационных и административно-управленческих связей и другие модели;

- моделирование организационного поведения на реальных строительных объектах с целью изучения степени управленческой

специализации, различий в стилях управления, опробования вариантов организационных структур и др.;

- использование статистических методов и моделей для анализа организационных параметров на базе выборочных обследований работы реальных строительных организаций.

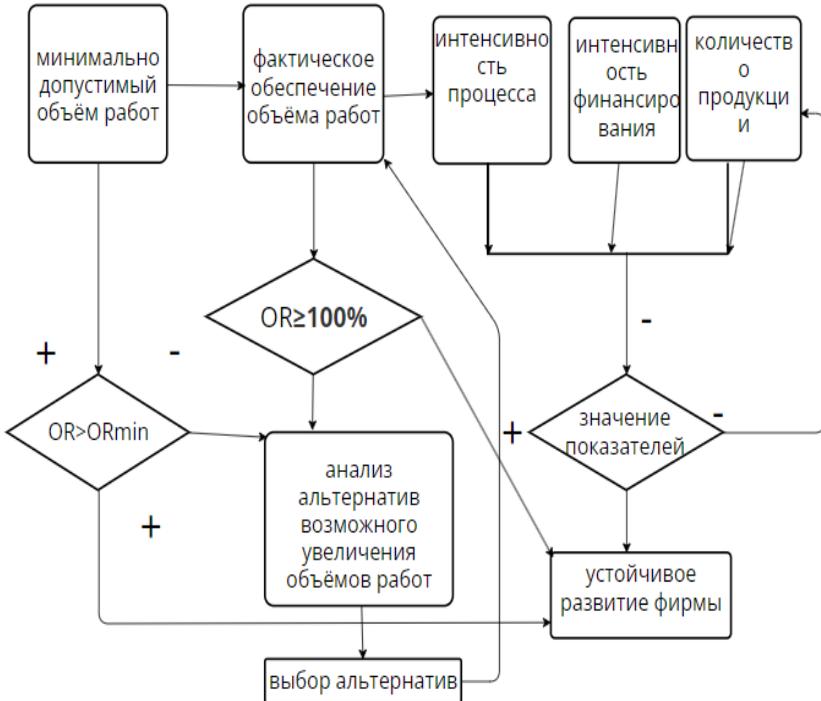


Рисунок 2 - Алгоритм организации управления производственными процессами в строительстве

Модели организационных систем и процессом управления условно можно разделить на две группы:

1. Модели первой группы. К ней относятся модели принятия решений и информационных потоков - модели принятия решения (одно или многоуровневых), информационные модели коммуникационной сети, компактные информационные модели, интегрированные информационно-функциональные модели [3,5].

Для моделей первой группы характерно формальное- моделирование одного или нескольких аспектов организационной системы с использованием экономико-математических методов.

Результаты такого моделирования используются лишь как дополнительный аргумент при оптимизации организационной структуры системы управления.

2. Модели второй группы в основном отражают связи и отношения между элементами организационной структуры.

Ко второй группе организационно-управленческих моделей относятся: модель организационно-технологических связей, модель организационно-управленческих связей, модель факторного статистического анализа управленческих связей, детерминированная функциональная модель, организационная модель массового обслуживания, организационно-информационная модель [4, 6].

Для второй группы организационно-управленческих моделей характерно использование, полно или частично, формализованной структуры управления. Результаты моделирования могут быть непосредственно использованы, помимо совершенствования информационной системы управления, при оптимизации организационной структуры строительной организации.

Библиографический список

1. *Иванова С.С.* Математическое моделирование в строительстве. Учебно-методическое пособие / Сост. Иванова С.С. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2012. – 100 с.
2. *Никитин К.Е.* Математическое моделирование в строительстве: методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 08.04.01 «Строительство» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. К.Е. Никитин. Курск, 2017 51с.: ил.17, табл.2. Библиогр.: с.51.
3. *Соболев В.В.* Математическое моделирование и методы оптимизации в проектировании организации строительства// Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. — 2011. — №1. — С. 106-109.
4. *Спектор М.Д.* Выбор оптимальных вариантов организации и технологии строительства. М., 1980.
5. *Сидоров В.Н., Ахметов В.К.* Математическое моделирование в строительстве. Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2007. – 336 с.

*Муллагалина Л.И., Муллагалина М.И., Кудинов С.А.,
студенты 1 курса 53 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. В.С. Мавзовин*

РАСЧЕТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЮРТЫ КАК ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ В МАТЕМАТИКЕ

ЮРТА — передвижное каркасное жилище с войлочным покрытием у сибирских, азиатских кочевников и монгольских народов. Слово ЮРТА происходит от тюркского слово ЮРТ (ЖУРТ). Это слово означало не само жилище, а место стоянки. Европейские исследователи применили это название к самому жилищу, и оно приросло ко всем тюркским кочевым домам [1, 3].

Настоящее же название юрты в тюркских языках: КИИЗ УЙ (войлочный дом) — у казахов, БОЗ УЙ — у кыргызов, ТИРМ — у башкиров, ИБ — у хакасов, ГЭР — у монголов.

Юрта — одно из великих достижений человечества. Удобство сборки и разборки этого жилища делают ее незаменимым атрибутом кочевого образа жизни. Она легко перевозится на верблюдах или лошадях, её войлочное покрытие не пропускает дождь, ветер и холод. Отверстие на вершине купола служит для дневного освещения и позволяет пользоваться очагом [4]. Юрта и поныне используется во многих случаях животноводами Казахстана, Кыргызстана и Монголии ввиду своей практичности.

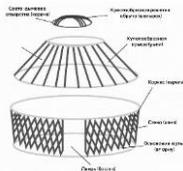


Рисунок 1 - Основные составные части юрты

Основные составные части юрты (рисунок 1):

ШАНЫРАК — конструктивный элемент, увенчивающий купол юрты в виде решётчатой крестовины, вписанной в круг. Является центральным элементом в юрте. Предназначен для удерживания боковых элементов купола — уыков и создания проёма для попадания солнечного света и выхода дыма от очага.

УЫКИ — структурный элемент создающий купол юрты. Уыки (жерди) крепятся к шаныраку. Их количество определяет размер юрты.

КЕРЕГЕ — раздвижная решетчатая основа юрты. Это каркас юрты. Решетка, скрепленная эластичным материалом, легко сдвигалась и

раздвигалась. Отдельная секция таких решеток называется ХАНА. Хана соединяются друг с другом и образуют круговую стенку юрты.

БОСОГО — дверная рама юрты [3].

Чрезвычайно интересна организация жилого пространства в юрте. С.И. Вайнштейн отмечал, что «все было в ней ориентировано по сторонам света, каждая вещь имела свою строго определенное место по отношению к входной двери, которая обычно была направлена на восток, реже — на юго-восток. Все детали юрты, выражаясь современным языком, унифицированы и могут быть легко заменены» [1].

Были проведены измерения деревянного каркаса 6-стенной стандартной юрты из экспозиции Национального музея Республики Тыва. На одну стену (хана) приходится 34 планки разной длины, самая короткая имеет длину 27 см, а самая длинная — 186,5 см. Размер хана зависит от числа планок и величины ячеек (хана карак). Расстояние между углами равно 19 см. Высота хана равна 140 см, ширина 250 см. Для конусовидной крыши юрты необходимы палки (уыки), от количества стен юрты зависит и количество палок. На одну стену приходится 12 кереге с длиной 200 см, на дверь стандартно приходится 5 кереге. Завершает конструкцию юрты светодымовое отверстие шанырак, напоминающее окружность. Его размер определяют палки уыки, увеличивается число палок и увеличивается диаметр окружности.

Внутренний диаметр шанырака равен 97 см и внешний диаметр равен 114 см. Диаметр юрты — 500 см, радиус — 250 см. Дверь босого играет немаловажную роль в конструкции юрты, размер двери: высота — 140 см, ширина — 93 см. Традиционная юрта имеет высоту 2,5 м, площадь около 19 м², вес около 350 кг [2].

1. Геометрические фигуры в хана (раздвижной решётке)

Размеры юрты определялись количеством хана (решетчатых звеньев) стандартного размера (от 4 до 12 хана). Наиболее распространенной была юрта из 6-8 решеток. В одной решетке — хана, если представить, имеются такие геометрические фигуры: ромбы и треугольники. Путём вычисления получилось примерно 87 ромбов и 48 треугольников в одной хана. Если юрта состоит из 6 хана, то получается $6 \times 87 = 522$ ромба и $6 \times 48 = 288$ треугольников. При соединении решеток увеличивается число ромбов и треугольников.

2. Геометрические фигуры в шаныраке (дымовом круге)

Дымовой круг, расположенный в куполе юрты, делается обычно из ели. Он представляет собой обод, с внутренней стороны которого сделаны отверстия или углубления для вставки острых концов палок крыши. В дымовом круге — шанырак имеются следующие геометрические фигуры: окружность, круг, квадрат, секторы и четырехугольники. Вид сверху: 1 окружность, 12 секторов и 4 прямоугольника [5].

3. Геометрические фигуры в босого (двери юрты)

Один из типов каркаса двери имеет 2 горизонтальных и 2 вертикальных бруска, в нем образуются 4 прямоугольника. Дверь второго типа имеет 4

горизонтальных и 4 вертикальных бруска, в ней образуются 5 прямоугольников, а сама дверь имеет вид большого прямоугольника [5].

Юрта является уникальным архитектурным сооружением и объединяет в себе формы двух геометрических тел вращения 2-го порядка: эллиптический цилиндр и эллиптический параболоид.

Каноническое уравнение эллиптического параболоида:

$$z = \frac{x^2}{2p} + \frac{y^2}{2q}; \text{ при } (p > 0, q > 0)$$

Каноническое уравнение эллиптического цилиндра:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, z = z, (a = b)$$

Подводя итог, можно сделать вывод, что юртообразная архитектура продолжает свое существование и в настоящее время.

Модернизируются технологии ее создания, развивается дизайн, совершенствуются материалы, но несмотря на эти преобразования юрта остается распространенным типом жилища. Именно поэтому, как писал С.И. Вайнштейн, еще рано заносить юрту в «красную книгу» [1].

Библиографический список

1. *Вайнштейн С.И.* (2016) Загадочная Тува. Абакан: ООО «ИПП «Журналист». 416 с.
2. *Танзы М.В., Саая С.К., Шершинева В.А., Вайнштейн Ю.В., Ондар Ч.М.* Юрта как геометрическая модель в обучении математике в Туве // Новые исследования Тувы. 2020, № 4. С. 80–91.
3. *Байыр-оол, М.С.* (2013) Юрта в тувинской традиционной культуре [Электронный ресурс] // Новые исследования Тувы. № 2 (18). С. 67–79.
4. *Еликпай Б.М.* Юрта-основа мироздания // Журнал «Достык-Дружба», 2013 г., № 1
5. *Донгак, С.Ч.* (2012) Некоторые представления тувинцев, связанные с юртой. Древняя история и традиционная культура // Научное обозрение Саяно-Алтая. № 1 (13). С. 63–67.

Мыц В.В., студентка 1 курса 57 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. **В.С. Мавзовин**

РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТА УНИКАЛЬНОГО СООРУЖЕНИЯ ОСТАНКИНСКОЙ БАШНИ

Одним из самых известных и значимых сооружений в мире является Останкинская башня в Москве. С ее высотой 540 метров она привлекает внимание не только своей архитектурной красотой, но и сложностью инженерных решений, которые были применены при ее строительстве. На сегодняшний день расчет фундамента такого уникального сооружения представляет особый интерес для специалистов. Построенная более полувека назад, Останкинская башня стала символом советской инженерной мощи. Ее создание требовало применения новаторских технологий и математических методов, чтобы обеспечить необходимую прочность и устойчивость конструкции.

Расчет фундамента уникального сооружения представляет сложную задачу для инженеров и математиков. Необходимо учесть множество факторов, таких как грунтовые условия, нагрузки от собственного веса и ветровых нагрузок, а также возможные сейсмические воздействия. Кроме того, необходимо обеспечить равномерное распределение нагрузок на фундамент для предотвращения деформаций и определить оптимальный размер и форму конструкции.

Расчет фундамента для такого высотного сооружения требует использования сложных математических моделей и методов. Одной из главных задач при проектировании фундамента является обеспечение его надежности и устойчивости к нагрузкам от самой башни и окружающего грунта. Для обеспечения устойчивости фундамента необходимо также провести расчеты на прочность и деформации. Математические модели позволяют определить напряжения в материалах, а также предсказать возможные смещения и деформации конструкции [5].

Математика предлагает архитектору ассортимент единых правил организации элементов в целое предполагаемого им постройки и играет важную роль при проектировании и расчете уникальных сооружений. Победитель тендера Николай Васильевич Никитин предложил в свое время инновационное предложение: мощное сооружение не будет предполагать фундамент глубокого заложения, как это было ранее принято и проверено в действии. Согласно идее конструктора, устойчивость зданию придает многократно превышающая масса основания над массой конструкции.

Расчет фундамента Останкинской башни был сложным заданием для инженеров. Учитывая огромный вес сооружения и его высоту, необходимо было обеспечить надежную опору, чтобы избежать деформаций или

повреждений здания со временем. Останкинская башня была построена на мягких и подвижных грунтах, инженеры применили методы грунтовой механики и анализа нагрузок, чтобы определить оптимальную конструкцию фундамента. В процессе расчета фундамента также учитывались возможные нагрузки, которые может испытывать башня в различных ситуациях. Это включало статические и динамические нагрузки от ветра, землетрясений и других факторов. Результатом сложного расчета фундамента явилась надежная конструкция, способная выдерживать огромные нагрузки и обеспечивать стабильность Останкинской башни на долгие годы. Уникальность этого сооружения не только в его архитектурном виде, но и в инженерных решениях. Иностранцы специалисты заявляли, что при подобной высоте постройки фундамента обязан быть глубиной никак не меньше 40 метров, однако Николаю Никитину и его коллегам удалось разрешить вопрос революционным методом. Никитин аргументировал, что сбалансированное натяжение тросов, находящихся внутри сооружения, свяжет целую конструкцию в прочную систему [1,2,3].

Таким образом, было принято решение возвести два фундамента, один из которых представлял собой независимый фундамента для «стакана» в центре основания высотой 63 метра, который был не только многофункционален для инженерного оборудования, располагаемого в нем самом, а также работал опорой для балок в 15 междуэтажных перекрытий. Результат был таков: два самостоятельных фундамента-для башни и стакана-разрешают большое количество задач, тем самым при неравномерной осадке передают различное давление.

Статические расчеты:

Давление Останкинской башни на фундамента выражается с помощью формулы [2]:

$$p = \frac{F}{S}, \quad (1)$$

где F — сила, с которой башня действует на фундамента, S — площадь соприкосновения башни с фундаментом:

$$S = \frac{F}{p}, \quad (2)$$

Башня давит на фундамента своим весом F , значение которого выразим формулой:

$$F = m * g, \quad (3)$$

Так как башня опирается N опор, а площадь каждой опоры составляет S_1 , то общая площадь S , на которую давит весом Останкинская башня, выразим формулой [3]:

$$S = N * S_1, \quad (4)$$

Отсюда следует:

$$N * S_1 = \frac{mg}{p}, \quad (5)$$

Соответственно, площадь опоры будет определяться формулой:

$$S_1 = \frac{mg}{P * N}, \quad (6)$$

От общего веса конструкции — 55 тысяч тонн — на фундамент приходится 23 тысячи тонн. Давление на грунт не превышает 2,7 кг/см², а с учетом силы ветра — 3,5 кг/см²[1].

Исходя из формулы [6], площадь одной опоры $S_1=8,099 \text{ м}^2$.

При безграничных интеллектуальных возможностях советских инженеров в разработке новаторских методов проектирования, основанные ими заключения не были бы осуществлены при условии, что до высоты 385 метров применялся предварительно напряженный бетон.

Сущность вышеизложенного сводится к следующему: расчет фундамента Останкинской башни – это сложная задача, требующая применения высокотехнологичных методов математического моделирования и анализа.

Благодаря правильно проведенным расчетам и конструкции фундамент обеспечивает устойчивость телебашне даже при экстремальных условиях. Этот пример является важным вкладом в развитие научных методов и подходов к проектированию фундаментов уникальных сооружений.

Библиографический список

1. *Никитин Н.В.* Останкинская телевизионная башня. –М. Стройздат, 1972. 215 с.
2. *Мариничев М. Б. и др.* Основы расчета и конструирования фундаментов высотных и уникальных зданий: учеб. пособие/М.Б.Мариничев и др.- Краснодар: Изд-во ИЦ МНИФ «Общественная наука», 2017. – 90 с.
3. *В.И. Белоусова и др.* Высшая математика: учебное пособие/В.И. Белоусова и др.-Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. — Ч.1.— 296 с.
4. *Р.Б. Салимов.* Математика для студентов строительных и технических специальностей: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2018. — 364 с.
5. *Н.В. Бурмашева и др.* Инженерная математика: учебное пособие / Н. В. Бурмашева и др.; Министерство науки и высшего образования РФ. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022. — 84 с.

Новикова Е.Ю., студентка 1 курса 20 группы ИИЭСМ

Научный руководитель –

доц., канд. физ.- мат. наук, ст. преподаватель **М.М. Шихшинатова**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ МАКСИМИЗАЦИИ ПРИБЫЛИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИРМЫ

Постоянное изменение экономической ситуации в мире влечет за собой факторы, влияющие на доход различных компаний или предприятий.

Если степень влияния внешних факторов не всегда можно точно прогнозировать, то можно проконтролировать внутренние факторы, например, оптимизация процесса производства помогает снижению производственных издержек и повышению доходов предприятия.

Основная цель, которая побуждает руководителей строительной компании оптимизировать деятельность – получение большей прибыли.

Оптимизация бизнес-процессов применяется в тех случаях, когда предприятию необходимо улучшить свою работу: снизить затраты, сократить производственный цикл, уменьшить количество управленческих ошибок, принять неотложные меры по выходу из кризиса и т. п. [1].

Для любого строительного проекта планирование процессов является сложной задачей. Важная часть оптимизации – выбор ресурсов, который в каждом конкретном случае выполняется с учетом вида работ, плана и условий.

Решение проблемы начинается с точной формулировки. Решение задачи бывает связано со значительными затратами времени и усилий – особенно в том случае, если строительные планировщики не имеют математических знаний.

Решающий фактор решения проблемы оптимизации строительной компании – ограничения. Для решения в процессе поиска подбираются алгоритмы, использование которых гарантирует отсутствие ограничений при выполнении работ [2].

Рассмотрим на конкретном примере, как строительная фирма должна составить план получения максимальной прибыли при имеющихся ресурсах.

Задача: Строительная компания планирует строительство коттеджей двух типов А и В и владеет следующими ресурсами: бетон-250 тыс. м³, арматура-50 тонн, 260 тыс. штук кирпичей, 350 м², бруса и 180 тыс. м² кровли.

Для строительства одного коттеджа типа А требуются строительные материалы: 1200 м³ бетона, 3 тонн арматуры, 3тыс. кирпичей, 10 м³ бруса, 80 м² кровли. Для строительства одного коттеджа типа В необходимо 300 м³ бетона, 1,5 тонн арматуры, 20 тыс. кирпичей, 25 м³ бруса, 100 м² кровли. Стоимость одного коттеджа типа А составляет 4,5 миллион рублей, коттедж типа В можно реализовать за 3,2 миллиона рублей.

Требуется составить математическую модель и рассчитать сколько коттеджей каждого типа нужно построить из имеющихся строительных материалов, чтобы прибыль при их реализации была максимальной.

Решение. Составим математическую модель задачи: обозначим через x_1 количество коттеджей типа А, которых следует построить для выполнения условия задачи и через x_2 количество коттеджей типа В.

Учитывая расход ресурсов для каждого коттеджа и ограниченность строительных материалов имеем:

$$1200x_1 + 300x_2 \leq 250000$$

$$3x_1 + 1,5x_2 \leq 50$$

$$3x_1 + 20x_2 \leq 260$$

$$10x_1 + 25x_2 \leq 350$$

$$80x_1 + 100x_2 \leq 18000$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

Учитывая стоимость одного коттеджа каждого типа, имеем

$$P = 4,5x_1 + 3,2x_2 - \max \quad (1)$$

Так как математическая модель содержит только две неизвестные, то его можно решить графическим методом.

Для этого построим область ограничений. На координатной плоскости $x_1 O x_2$ построим область, удовлетворяющая следующим неравенствам:

$$x_2 \leq (2500 - 12x_1)/3$$

$$x_2 \leq (50 - 3x_1)/1,5$$

$$x_2 \leq (260 - 3x_1)/20$$

$$x_2 \leq (350 - 10x_1)/25$$

$$x_2 \leq (1800 - 8x_1)/10$$

Определить многоугольник решений как пересечение найденных полуплоскостей. Построить линию уровня $L = 4,5x_1 + 3,2x_2 = \text{const}$.

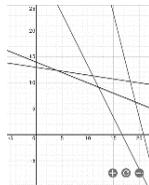


Рисунок 1

Перемещать линию уровня в направлении градиента. Последняя точка, которую пересечет линия уровня есть решение задачи.

Для решения таких задач удобно пользоваться программой.
Составим программу на языке

```

var copyx1, copyx2, x1, x2: integer; max: real;
begin
  max:= 0;
  for x1:= 0 to 1000 do
  begin
    for x2:= 0 to 1000 do
    begin
      f:= 4.5*x1 + 3.2*x2;
      if ((1200*x1 + 300*x2) <= 250000) and ((3*x1 + 1.5*x2) <= 50)
and
+ 25*x2) <= 350) and ((3*x1 + 20*x2) <= 260) and ((10*x1
+ 80*x1 + 100*x2) <= 18000) then
      begin
        if f > max then
          begin
            max:= f; copyx1:= x1; copyx2:= x2
          end
        end
      end
    end;
  writeln('max: ', max, ' ; x1: ', copyx1, ' ; x2: ', copyx2, ' ');
end.

```

Рисунок 2

Результат данной программы:

max: 82.8; x₁: 12; x₂: 9;

Таким образом, максимальная прибыль фирмы при имеющихся ресурсах равна 82,8 миллионов при построении 12 коттеджей типа А и 9 коттеджей типа В.

Библиографический список

1. *Клепацкая А.С.* Анализ деятельности строительных организаций на основе изучения показателей прибыли // Статистика и экономика. 2018. №5.
2. *Ахмедова М.Р., Гусейнов Р.В.* Использование методов оптимизации для анализа и обработки информации // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2016. №2.
3. *Хартышев Осман Шайхмагомедович* Оптимизация объемов производства и ее влияние на рост прибыли строительного предприятия // РППЭ. 2011. №1.
4. *Филатов Е.А., Меркулов А.С.* Прогнозная модель безубыточности с учетом инвестиций в инновации производственной деятельности строительных компаний // Финансовые исследования. 2016. №1(50).
5. *Хлусова О.С.* Мероприятия по оптимизации денежных потоков строительной организации // еги. 2015. №4(10).

Сентякова А.И., студентка 1 курса 20 группы ИИЭСМ

Научный руководитель –

доц., канд. физ.- мат. наук, ст. преподаватель **М.Г. Шихшинатова**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕННОГО ИНТЕГРАЛА ДЛЯ РАСЧЕТА НЕОБХОДИМОГО ОБЪЕМА БЕТОНА

Очень часто строительной фирме приходится рассчитывать количество тех или иных ресурсов, необходимых для строительства конкретного объекта. Не все ресурсы могут иметь длительный срок хранения и использоваться в дальнейшем производстве, некоторые неиспользованные строительные материалы образуют отходы, которые должны быть минимизированы для оптимизации производства.

Это требует от предпринимателей точных математических расчетов, для которых требуется умение применять сложные математические формулы. С помощью оптимизации можно снизить количество ошибок в управлении, которые ведут к недополученной выручке или даже прямым потерям и растрате ресурсов.

Оптимизация также способствует снижению производственных издержек и повышению доходов предприятия.

Рассмотрим следующую задачу.

Задача: для забора требуется построить 200 одинаковых бетонных колонн высотой 2 метра. Каждая колонна представляет собой призму высотой 2 метра основание которого является фигура, изображенная на рисунке. Масштаб 1:10. Требуется рассчитать объем бетона, необходимого для построения всех колонн.

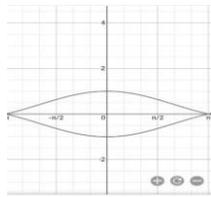


Рисунок 1

Решение: из рисунка можно выяснить, что данная в основании призмы фигура ограничена кривыми

$$y = \frac{\sin x}{x}, \quad y = \frac{-\sin x}{x}$$

Казалось бы, что решение данной задачи довольно простое, нужно вычислить объем призмы, как произведение высоты на основание. Трудность состоит в том, что в основании призмы лежит фигура, для вычисления площади которого требуется применить определенный интеграл от неинтегрируемой функции.

Поскольку фигура симметричная, то достаточно вычислить площадь части фигуры, расположенной в первой четверти.

$$S = 4 \cdot \int_0^{\pi} \frac{\sin x}{x} dx.$$

Так как подынтегральная функция не интегрируема, то интеграл вычислим приближенно, воспользовавшись разложением подынтегральной функции в ряд. Разложим подынтегральную функцию $\frac{\sin x}{x}$ в ряд Тейлора [1].

Так как

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots,$$

то легко получить

$$\frac{\sin x}{x} = 1 - \frac{x^2}{3!} + \frac{x^4}{5!} - \frac{x^6}{7!} + \dots.$$

Полученный степенной ряд сходится равномерно для всех действительных значений x , поэтому интеграл

$$\int_0^{\pi} \frac{\sin x}{x} dx = \int_0^{\pi} \left(1 - \frac{x^2}{3!} + \frac{x^4}{5!} - \frac{x^6}{7!} + \dots \right) dx$$

можно почленно интегрировать т.е. [2].

$$\begin{aligned} & \int_0^{\pi} \left(1 - \frac{x^2}{3!} + \frac{x^4}{5!} - \frac{x^6}{7!} + \dots \right) dx \\ &= \int_0^{\pi} 1 dx - \int_0^{\pi} \frac{x^2}{3!} dx + \int_0^{\pi} \frac{x^4}{5!} dx - \int_0^{\pi} \frac{x^6}{7!} dx + \dots \\ & \left(x - \frac{x^3}{3! \cdot 3} + \frac{x^5}{5 \cdot 5!} - \frac{x^7}{7 \cdot 7!} + \dots \right) \Big|_0^{\pi} = \\ & \approx \pi - \frac{\pi^3}{3 \cdot 3!} + \frac{\pi^5}{5 \cdot 5!} - \frac{\pi^7}{7 \cdot 7!} + \frac{\pi^9}{9 \cdot 9!} = 1,853 \pm 0,001 \end{aligned}$$

Так как это знакочередующийся сходящийся ряд, то по теореме Лейбница если заменить сумму S частичной суммой S_n , то ошибка не превосходит по абсолютной величине первого из отброшенных членов [3]. Вернемся к нашей задаче. Площадь основания колонны приблизительно равен 1,85. Тогда площадь основания с учетом масштаба рисунка

$$S \approx 4 \cdot 1,85 : 10 = 7,4 : 10 = 0,74\text{м}^2.$$

Объем одной колонны

$$V \approx 0,74 \cdot 2 = 1,48\text{м}^3$$

Тогда для изготовления 200 таких колонн приблизительно понадобится

$$1,48 \cdot 200 = 296\text{м}^3 \text{ бетона.}$$

Библиографический список

1. *Саматов Н.М.* Строительная математика. М: Высшая школа, 1975, 451с.
2. *Хассел Э., Бойл Д., Харвуд Д.* Современная архитектура, Арт-Родник, 2010, 128 с.
3. *Сон М.П.* Строительная механика зданий и сооружений. Спецкурс: учебное пособие / Пермь: ПНИПУ, 2009. — 185 с.
4. *Лежнева, А.А.* Вероятностные методы расчета конструкций: учебно-методическое пособие / Пермь: ПНИПУ, 2016. — 224 с.
5. *Молдаванов, С.Ю.* Вероятностные методы строительной механики и теории надежности строительных конструкций: учебное пособие / Краснодар: КубГТУ, 2018. — 367 с.

*Сучкова Е.А., студент 1 курса 7 группы ИПГС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук А.С. Полянина*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ РАСЧЕТЕ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ НА ПОВЕРХНОСТЬ ЗДАНИЯ

В технически развитых странах повсеместно используется технология строительства из монолитных железобетонных конструкций. Эта тенденция обусловлена увеличением этажности застройки в связи с ростом городского населения.

Технология монолитного строительства позволяет в короткие сроки без особого труда и затрат возводить постройки различной этажности и формы.

Любое здание, сооружение или же конструкция подвергаются разного рода нагрузкам. Немаловажно учитывать с высокой точностью ветровую нагрузку для дальнейшей эксплуатации здания. Для достижения этой цели необходимо знать ветровой район, рельеф местности, геометрические размеры здания, нормативное значение скорости ветра.

Настоящая работа посвящена исследованию воздействия ветровых нагрузок на здание с монолитным железобетонным каркасом и методам защиты при данных воздействиях [1].

Для исследования был разработан проект детского сада в городе Саратов. Общеобразовательное учреждение состоит из 1-го блока: двухэтажный корпус с размерами в осях 70,7 x 20,66 м.

Высота здания 9,740 м (наивысшая отметка конструкции здания) относительно отметки земли. Здание спроектировано в российской BIM-системе Renga (рис. 1).

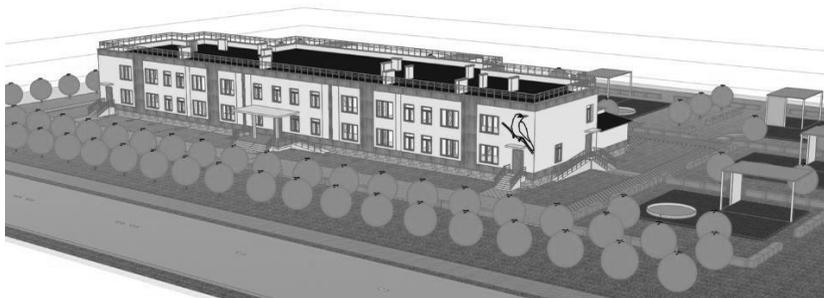


Рисунок 1

В соответствии с СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [2], по полученным данным (рис.2) рассматривается III ветровой район [3]: нормативное значение ветрового давления $w_0=0,38$ кПа.

Для последующих расчетов потребуется определение типа местности.

В отечественных нормативных документах используется система разделения рельефа на три категории [2].

На участке, занимающем северную сторону от проектируемого здания, расположена открытая местность, на юго-западе построен новый микрорайон высотой до 25 метров (рис.3). Ввиду этого принимаем тип местности В - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м.

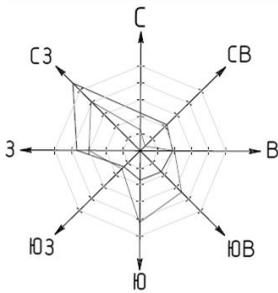


Рисунок 2 - Роза ветров (ветровой район – Саратов), январь-июль

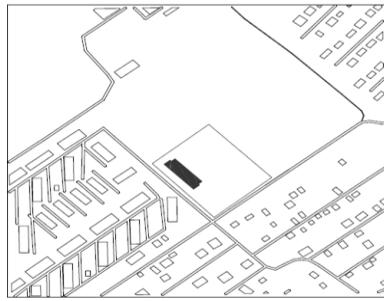


Рисунок 3 - Ситуационный план (М 1:5000) микрорайона «Иволгино»

Изменение ветрового давления в зависимости от габаритов здания z_e зададим коэффициентом $k(z_e)=0,6422$.

Для наветренной и подветренной стен аэродинамический коэффициент c определим равным 0,8 и - 0,5 соответственно [4].

Рассчитаем нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки w_m [2]:

$$w_m = w_0 k(z_e)c$$

С учетом коэффициента надежности по нагрузке $\gamma=1,4$ получим формулу для активного ($w_{ак}$) и пассивного ($w_{пас}$) давления ветра:

$$w_{ак(пас)} = w_0 k(z_e)c\gamma$$

Нахождение пульсационной ветровой нагрузки без коэффициента динамичности требует знания следующих величин: $w_m, (z_e)$ - коэффициент пульсации давления ветра, принимаемый по таблице 11.4 [2], коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра.

Принимаем по таблице 11.4 [2] значение и находим промежуточное число при помощи интерполяции $\alpha(z_c) = 1,068$.

Для вычисления коэффициента пространственной корреляции пульсаций давления ветра обратимся к таблицам 11.6. и 11.7. [2].

Из трех плоскостей следует выбрать наветренную плоскость z_{0y} и подветренную z_{0x} и произвести расчет по формуле 11.5. [2]:

$$w_{g1} = 0,1952 \times 1,068 \times 0,78 = 0,163 \text{ кН/м}^2$$

$$w_{g2} = -0,1220 \times 1,068 \times 0,75 = -0,098 \text{ кН/м}^2$$

Основная ветровая нагрузка [5] может быть определена по формуле 11.1.2 [2]:

$$w_1 = 0,1952 + 0,163 = 0,3582 \text{ кН/м}^2$$

$$w_2 = -0,1220 - 0,098 = -0,22 \text{ кН/м}^2$$

Таким образом, итоговая ветровая нагрузка на наветренную стену - $w = 0,3582 \text{ кН/м}^2$, на подветренную - $w = -0,22 \text{ кН/м}^2$.

В соответствии с полученной ветровой нагрузкой, используем следующие виды защиты от ветра:

1) Рациональное проектирования диафрагм жесткости. В данном проекте диафрагмами жесткости выступают стены лестничных клеток, жестко соединенных с перекрытиями из монолитного железобетона, и колонны железобетонные сечением 400х400.

2) Ветрозащитный экран из растений. В идеале защита от ветра должна быть трехслойной. Первая линия защиты (внешняя линия воздействия) будет состоять из кустарников и деревьев, подстриженных на нужную высоту. Вторая линия защиты состоит из высоких деревьев, которые направляют воздушный поток вверх, а третья из декоративных кустарников, которые смягчают оставшиеся порывы.

3) Здание располагают торцом к преобладающему ветру и параллельно другому зданию, чтобы оно принимало на себя часть ветровой нагрузки.

Библиографический список

1. *Ким Д.А., Зуев М.К.* Анализ ветрового воздействия на здания различных форм // Инженерный вестник Дона, 2022. № 10. С. 29-38.
2. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*" (утв. Приказом Минстроя России от 03.12.2016 N 891/пр) (ред. от 30.12.2020).
3. СНиП 2 01 01 82 Строительная климатология и геофизика/ Госстрой СССР. — М.: Стройиздат, 1983. 136 с.
4. ГОСТ Р 56728-2015. Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие конструкции.
5. *Савицкий Г.А.* Ветровая нагрузка на сооружения. М.: Стройиздат, 1972.

Дугужева А.М., Шнайдер С.Е., студентки 1 курса 58 группы ИАГ
Научный руководитель –
преподаватель В.В. Харламова

ВЛИЯНИЕ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК НА ЗАДНИЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

С развитием экономики и коммерции на ограниченной территории возникает необходимость в создании большого количества рабочих мест, поэтому города, такие как Гонконг, Нью-Йорк и Чикаго, начали строить небоскребы, чтобы решить проблему дорогой земли и высокой плотности населения. Одной из проблем при их строительстве является уменьшение ветровой нагрузки [1]. Ветер может вызвать различные проблемы, такие как повреждения окон, структурные повреждения и дискомфорт для людей внутри. Небоскребы также сталкиваются с явлением вихревой дорожки Кармана [3] - сильные вихри, создаваемые ветром, которые могут причинить разрушения. При слабом ветре вихри нейтрализуют друг друга, но при сильном ветре они создают чередующиеся зоны низкого давления, вызывающие колебания зданий. Архитекторы используют различные методы, чтобы уменьшить эту проблему и обеспечить стабильность небоскребов [3].

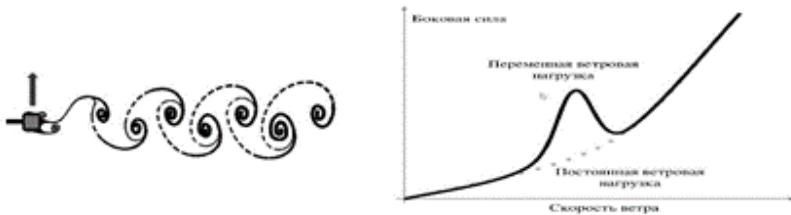
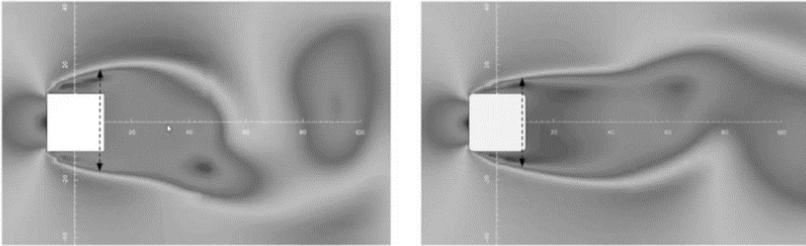


Рисунок 1 - Схема дорожки Кармана с графиком ветровой нагрузки

Первый из них - сужение здания [4]. Чем выше вы построили дом, тем сильнее становится сила ветра. Когда ветер становится слишком сильным, архитекторы сужают здание по мере увеличения высоты. Такой прием был применен при создании дизайна небоскреба Shard в Лондоне. А иногда архитекторы делят верхушку небоскреба на более узкие части, как например в Willis Tower в Чикаго.

Второй способ - смягчение или дробление углов здания. Благодаря этому приему вы так часто можете наблюдать небоскребы с закругленными углами. Возьмем, к примеру, Тайбэй 101 - здание изначально проектировалось с квадратными углами, но, когда масштабная модель была протестирована в аэродинамической трубе, дизайнеры заметили

значительное качение. После добавления зазубрин к углам они уменьшили движение на двадцать пять процентов.



а

б

Рисунок 2 - Симуляция ветровой нагрузки на здание:

а) с острыми углами;

б) с скругленными углами

Третий вариант довольно прост - можно просто проделать в здании отверстия. Небоскребы, такие как Бурдж-Халифа в Саудовской Аравии и Всемирный финансовый центр Шанхая имеют отверстия наверху, позволяя ветру свободно пройти там, где он дует сильнее всего. Ранее 432 Park Avenue в Нью-Йорке добивался этого эффекта с помощью нескольких пустых этажей, которые пропускали ветер по всей длине башни.

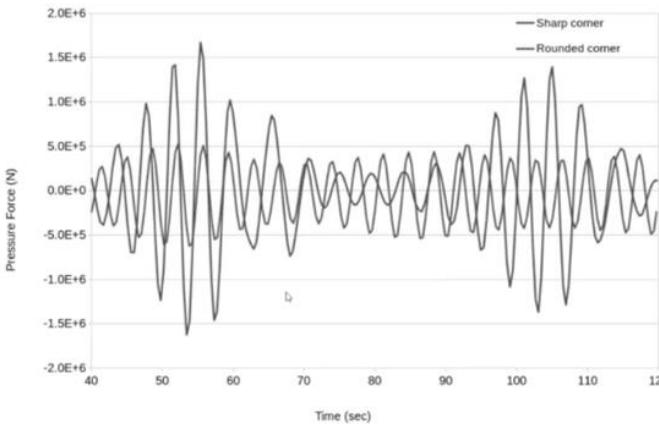


Рисунок 3 - Сравнение колебаний здания на графике

Четвертый метод - скручивание. Он позволяет создавать одни из самых потрясающих форм зданий - эффектные спирали перенаправляют ветер

вверх от здания. Это тот же трюк с защитой от ветра используется в некоторых промышленных дымоходах и автомобильных антеннах. Подобные формы было невозможно создать до недавнего времени благодаря достижениям в области программного обеспечения и материаловедения. Они также многообещающи с точки зрения финансирования проекта. Например, на Шанхайской башне добавление культового изгиба уменьшило воздействие ветра на двадцать четыре процента [5], также сэкономив разработчикам пятьдесят миллионов долларов на строительных материалах. По мере того, как все больше людей переезжают из сельской местности в города, небоскребы будут становиться все выше и стройнее.

Эти технологии делают это будущее возможным и позволяют нам продолжать подниматься в небо.

Библиографический список

1. *Кошкин А.А.* Анализ динамического воздействия воздушного потока на тандем модели высотных зданий // Вестн. Томск. гос. арх.-строит. ун-та. — 2014. — №2 (43). — С. 134–141.
2. *Rafiuddin Azman.* Study of Vortex Shedding Around Bluff Body Using Air Flow Test Rig. Bachelor Thesis. Universiti Malaysia Pahang; 2008.
3. *Со́йму Н.Ю.* Влияние ветровых нагрузок на конструирование высотных зданий // Modern Science. 2020. №2–1.— С. 393–396.
4. *Zengshun Chen a b, Xianzhi Fu a, Yemeng Xu a, Cruz Y. Li b, Bubbyur Kim c, K.T. Tse b.* A perspective on the aerodynamics and aeroelasticity: Partial reattachment.
5. *X. Zhao A, J. M. Ding I and H. H. Suna* Structural Design of Shanghai.

**Секция
«Математическое моделирование
в архитектуре»**

Аскярова М.Р., Жеругова Д.А., студенты 1 курса 71 группы ИАГ
Научный руководитель –
преподаватель **В.В. Харламова**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОГРАННИКОВ В РЕСТАВРАЦИИ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

Многогранник – это тело, поверхность которого состоит из конечного числа плоских многоугольников [3]. В современной архитектурной практике все чаще используются многогранники для реставрации памятников архитектуры. Этот инновационный подход позволяет сохранить и восстановить исторические сооружения с высокой точностью и эстетикой. Данный доклад посвящен исследованию преимуществ использования многогранников в реставрации памятников архитектуры на примере успешных проектов. С точки зрения будущих реставраторов мы попытаемся ответить, как использование многогранников при постройке сооружений в прошлом помогло при реставрации памятников культуры в наше время.

На протяжении всей истории человечества люди, строя жилища, думали в первую очередь о прочности сооружения. Именно поэтому постройки имели форму известных нам геометрических фигур уже в те времена, по сей день они поражают нас своими гранями, основаниями, пересечением ребер, углов. Впервые многогранники упоминаются за три тысячи лет до нашей эры в Вавилоне и Египте [4].

В XII веке архитектура уже была неразрывно связана с геометрией. Готический стиль требовал точных математических знаний. В то время часто использовались такие формы, как пирамиды и конусы, поскольку вся композиция здания в готическом стиле стремилась вверх. Неисчислимое количество соборов и храмов тех времён изумляет многообразием форм многогранников.

Памятники архитектуры безусловно нуждаются в защите от непредвиденных природных явлений, стихий и времени. Для этого необходимо отслеживать состояние памятников архитектуры и проводить грамотную реставрацию.

Одним из основных преимуществ использования многогранников при реставрации является возможность точного воссоздания деталей и элементов архитектурных сооружений.

Это позволяет сохранить историческую ценность объекта и продлить его срок службы. Кроме того, многогранники обладают высокой

устойчивостью к различным воздействиям окружающей среды, что гарантирует долговечность реставрированных конструкций.

В наше время решить данную проблему не составит труда благодаря компьютерному моделированию проектирования. Система трёхмерного моделирования “КОМПАС – 3D” создаёт компьютерные модели архитектурных сооружений как композиции различных видов многогранников, которые впоследствии печатаются на 3D принтере.

На данный момент времени разработано уже несколько алгоритмов для различных моделей. Например, для дозорной башни Казанского кремля или гробницы Юсифа ибн Кусейира.



Рисунок 1 - Гробница Юсифа ибн Кусейира

Для проведения ремонта и реставрации надо уметь измерять параметры реставрируемых объектов. Для этого нам понадобится знание простейших формул для нахождения объёма сооружения или для вычисления количества плит для облицовки памятника [2].

К примеру, какой объём занимает гробница Юсифа ибн Кусейира? Найдём объём восьмигранной призмы по формуле:

$$V = S_{\text{осн}} \cdot h$$

$$S = 2 \cdot a^2(1 + \sqrt{2}) ; V_{\text{пирамиды}} = (1/3) \cdot S \cdot h.$$

$$S_{\text{осн}} = 43,5 \text{ м}^2; V_{\text{призмы}} = 435 \text{ м}^3$$

Тогда объём пирамидального шатра: $V = (43,5 \cdot 10) : 3 = 101,5 \text{ м}^3$.

Весь объём $536,5 \text{ м}^3$.

Ответ: $536,5 \text{ м}^3$.

Таким образом, моделирование архитектурных сооружений в виде многогранников для ускорения и упрощения реставрационных работ, а также вычисление параметров сооружений с помощью многогранников показывает какое большое значение имеет геометрия в жизни архитекторов и реставраторов.

Библиографический список

1. *Кац Е.А.* Искусство и наука - о многогранниках вообще и усеченном икосаэдре в частности, Издательство «Энергия», 2002.
2. *Литвиненко В.Н.* Многогранники. Задачи и решения: Москва: «Вита-Пресс», 1995.
3. *Смирнова И.М.* В мире многогранников: Книга для учащихся. Москва: Просвещение, 1995.
4. *Стахов А.П.* «Код Да Винчи», Платоновы Архимедовы тела, квазикристаллы, фуллерены, решетки Пенроуза и художественный мир Матюшки Тейи Крашек // «Академия Тринитаризма», Москва, публ. 12561, 07.11.2005.
5. Я познаю мир: Детская энциклопедия. Архитектура. 1990.

*Белеко Д.А., студентка 1 курса 41 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. физ. –мат. наук, доц. А.Р. Рустанов*

ВАЖНОСТЬ ГЕОМЕТРИИ В АРХИТЕКТУРЕ

Геометрия, это слово вызывает в уме образы линий, точек, кругов, квадратов и других форм. Все вокруг нас представляет собой измерение, воспринимаемое, с визуальным впечатлением. Точно так же архитектура — это область, которая связана с геометрией и визуальными эффектами.

Она играет жизненно важную роль как в проектировании, так и в строительстве [1]. Евклидова геометрия была единственной, использовавшейся более двух тысяч лет.

Со временем появилось множество различных аспектов: проективная геометрия, перспектива, декартова геометрия, тригонометрия и т. д. Ниже приведены наиболее известные здания, в которых проявляется влияние геометрии в архитектуре.

Всемирно известный памятник представляет собой золотое сечение по ширине фасада с большой центральной аркой и высоте окон [3]. Архитектура Великих Моголов имеет особый математический порядок и поразительную эстетику с идеальной симметрией и гармонией [2]. Усыпальница имеет центральную симметрию относительно гробницы Мумтаз-Махал.

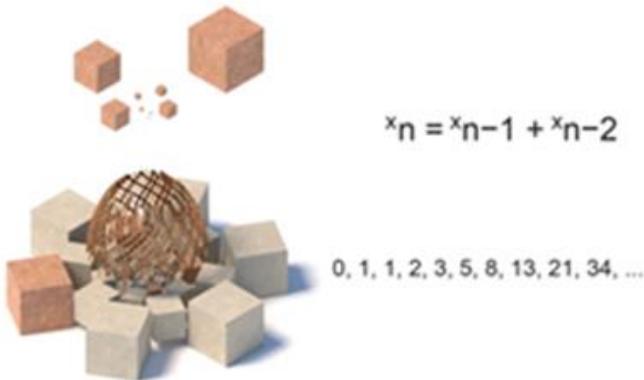


Рисунок 1

Центральный купол мавзолея достигает 58 футов в диаметре, и поднимается ввысь на 74 метра. Его окружают четыре купола меньших размеров, а чуть дальше высятся четыре изящных тонких минарета, которые,

словно часовые, охраняют покои Мумтаз. Башни возведены под углом, они немного отклонены назад – это вовсе не ошибка, а продуманная деталь. Такое положение минаретов спасло бы усыпальницу от разрушения при землетрясении.

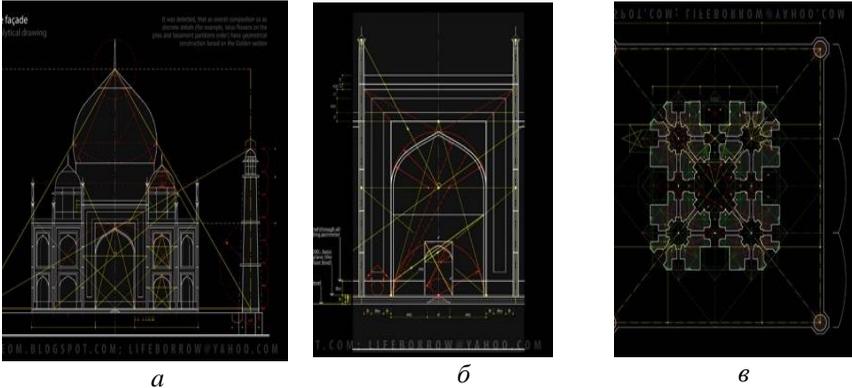


Рисунок 2 - Таж-Махал
а). Вид спереди; б). Вид сбоку; в). План

Парфенон, посвященный греческой богине Афине, отличается гармонией идеальных пропорций здания. Соотношение ширины и высоты 9:4 отражает вертикальные и горизонтальные пропорции; элементы его фасада символизируют золотые прямоугольники.

Отношение длины здания Парфенона в Афинах к его высоте равно ϕ
 $KB:AB = CD:AC = AB:BC = \phi$.



Рисунок 3 - Парфенон

Великая пирамида в Гизе — одно из самых значительных и старых сооружений, имеющее золотой треугольник с отношением высоты к основанию.[5] Царская камера спроектирована на основе треугольника Пифагора. Математика делает конструкцию более интересной, поскольку периметр пирамиды равен 365,24 - числу дней в году. Основание пирамиды представляет собой идеальный квадрат, со стороной 230 метров и погрешностью всего в несколько сантиметров. Стороны пирамиды наклонены под углом 51 градус и 51 минуту, образуя почти идеальную форму пирамиды.



Рисунок 4 - Великая пирамида Гизы

Итак, геометрия важна для обеспечения структурной целостности здания. Архитекторы используют геометрические расчеты, чтобы гарантировать устойчивость конструкций к внешним силам. Используя геометрические принципы, такие как золотое сечение, архитекторы могут создавать гармоничные и сбалансированные проекты [4]. Геометрия важна не только для визуальной привлекательности, но и влияет на восприятие здания.

Библиографический список

1. *Баранова Н.В.* Всемирная история архитектуры в 12 томах / под ред. Н.В. Баранова. – М: Изд-во литературы по строительству, 1969. – Т.8 – С. 332.
2. *Шишова М.Б.* Архитектура – дочь геометрии // Проект. Научно-исследовательская конференция школьников «Шаг в будущее». – 2015. – С. 26.
3. *Витрувий М.П.* Десять книг об архитектуре - I в. до н. э.
4. *Кишик Ю.Н.* Архитектурная композиция. Учебник – 2015.
5. *Гранстрем М.А., Золотарева М.В.* Основные понятия архитектуры (учебное пособие) – 2018.

Битиева Д.А., Черкезова М., Щербина З.С.,
студенты 1 курса 54 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. физ. –мат. наук, доц. **А.Р. Рустанов**

ПРИМИНЕНИЕ ЧИСЛА ПИ В АРХИТЕКТУРЕ И ГРАДОСТОИТЕЛЬСТВЕ

Целью данной статьи является изучение числа Пи и методов его применения в архитектурном направлении. В данной статье будут подробно рассматриваться уникальные возможности числа Пи, использующиеся в строительстве современных и древних сооружений.

Число π является математической постоянной, оно равно отношению длины окружности к её диаметру [1]. Длина радиуса окружности может быть совершенно любой, так как в результате все равно будет выходить одна и та же величина. С увеличением диаметра пропорционально возрастает длина окружности [2].

Также, это число можно охарактеризовать другими определениями: например, это отношение полупериода функции $y = \sin(x)$ к её максимальному значению. Оно обозначается буквой греческого алфавита «π».

На данный момент известны первые 100 триллионов знаков числа «пи» после запятой.

Его десятичная запись начинается так:

3,14159265358979323846264338327950288419716939937510...

и этих пятидесяти магических цифр достаточно для любых практических вычислений. В математике или физике редко встретится задача, для которой необходимо использовать более десяти знаков π . Для простейших вычислений используются приближенные значения: 3,14 или 3,1415.

Данное значение постоянной активно применяется в математических вычислениях, почти в любом случае, если мы имеем дело с окружностью, кругом или его секторами.

Также, число Пи будет всегда всплывать в том или ином виде при описании и наблюдениями за окружающими нас объектами, в основе которых лежат тела вращения [4].

С практической точки зрения число Пи можно применить в архитектуре, рассчитав с его помощью длину арки, или количество плитки, необходимое, чтобы замостить круглую площадь, будь то пол, свод или потолок.

Данная математическая постоянная имеет широкое применение в древних и современных сооружениях. Среди самых известных памятников архитектуры закономерность числа Пи наблюдается в Великой Пирамиде

Хеопса (рисунок 1), которая от подножия блоков и до самой вершины достигает 146,7 метра.

Измерения показали, что соотношение периметра и высоты пирамиды равно $22/7$. Если мы допустим, что это соотношение не случайно, получим

$$\pi = 22/7 = 3,14 \dots$$

что соответствует π с хорошей точностью. Следовательно, проектный периметр основания пирамиды Хеопса действительно равен длине окружности с радиусом, равным ее проектной высоте.

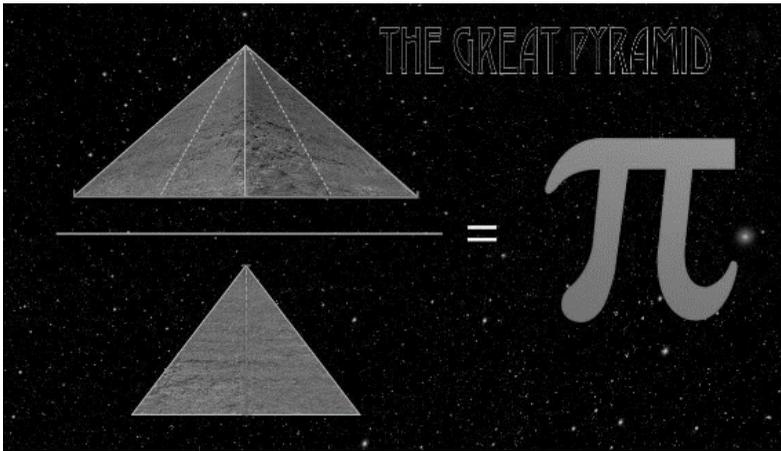


Рисунок 1- Пирамида Хеопса

В древних папирусах существует множество свидетельств того, что число «Пи» было хорошо известно древним египтянам и имело большое значение в процессе инженерных расчетов [3].

Среди не менее известных построек выделим также Дворец Капель-Монте (рисунок 2, а). Причиной его создания послужило очарование германского короля Фридриха II бесконечным «Пи», которое наблюдается во всех пропорциях дворца.

Известно, что «л» использовалось при строительстве знаменитой Вавилонской башни (рис. 2, б). Однако, недостаточно точное исчисление значения «Пи» привело к краху всего проекта [5].

Аналогичными примерами архитектуры древних времен служат Колизей и храм Пантеон в Риме, Пизанская башня в Пизе, замок Тулоу в провинции Фуцзянь и т.д. А также многочисленные церкви и мечети, неотъемлемой частью которых является крыша в виде купола или полусферы.

Очевидно, еще с глубокой древности люди понимали привелегии, которыми обладают постройки, имеющие в основании круг. Современные инженеры и проектировщики утверждают, что купольные здания – технология будущего, практически не имеющая недостатков.

Такие здания обладают следующими преимуществами:

1. Особенной устойчивостью, самой прочной из возможных.
2. Конструкция способна выдержать различные природные явления, за счет равномерного распределения нагрузки по граням купола.
3. Обтекаемый купол обладает высокими аэродинамическими свойствами.
4. Отсутствие несущих стен и легкость конструкции не требует массивного укрепленного фундамента, что позволяет снизить расход средств и ускорить строительство.



а



б

Рисунок 2 - Древние архитектурные сооружения:

- а) Дворец Кастиль-дель-Монте,
- б) Вавилонская башня

Все это делает применение числа «Пи» превосходным выбором в архитектуре и градостроительстве.

Библиографический список

1. *Жуков А. В.* О числе π . М.: МЦМНО, 2002. 32 с.
2. *Кымпан, Флорика* История числа π . М.: Наука, 1971. 217 с.
3. *Шумихин С., Шумихина А.* Число π . История длиною в 4000 лет. М.: Эксмо, 2011. 192 с.
4. *Жуков А. В.* Вездесущее число « π ». 2-е изд. М.: Издательство ЛКИ, 2007. 216 с.
5. *Наварро, Хоакин* Секреты числа π . Почему неразрешима задача о квадратуре круга. М.: Де Агостини, 2014. 143 с.

Болячевский А.А., студент 1 курса 57 группы ИАГ
Научный руководитель –
преподаватель **В.В. Харламова**

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕСТАВРАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

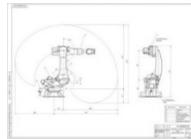
В современном мире, одной из наиболее перспективных и быстроразвивающихся областей является робототехника. В данной статье мы рассмотрим основные аспекты применения робототехники в этих индустриях, а также возможности и перспективы, которые она предоставляет. С появлением компьютеров и информационных технологий открылись новые возможности для проектирования зданий и сооружений, оптимизации строительных процессов и управления строительными объектами. История компьютера в архитектуре и строительстве начинается с конца 70-х годов прошлого века и с тех пор информационные технологии стали неотъемлемой частью строительной отрасли. Компьютер появился в архитектуре и строительстве в нескольких аспектах:

1. Проектирование.
2. Анализ и расчеты.
3. Управление проектами.
4. Цифровое моделирование.
5. Сбор и обработка данных.
6. Виртуальная реальность.
7. Облачные технологии [1].

Робототехника начала активно внедряться в строительство в конце 20 века и с тех пор робототехника стала неотъемлемой частью строительства. Сегодня роботы используются для выполнения различных задач, таких как укладка кирпичей, сварка металлоконструкций, покраска стен и многое другое. Мы можем выделить три основных конструкции (вида) роботов: стационарные роботы; передвижные роботы по заданному пути; роботы свободного передвижения [5]. Передвижные роботы по заданному пути — это в основном порталные роботы, которые могут перемещаться по рабочей зоне и выполнять различные задачи.



а



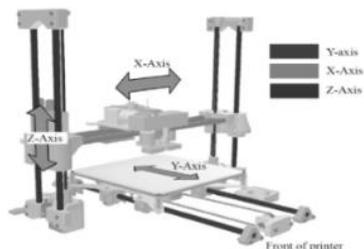
б

Рисунок 1 - Стационарные роботы:
а) Фотография механической руки;
б) Чертеж механической руки

Также мы можем видеть и их маленьких представителей, которыми мы пользуемся в проектных бюро и макетных мастерских – 3д принтер, который в основном имеет такую же конструкцию.



а



б

Рисунок 2 - Передвижные роботы по заданному пути:
а) Картинка 3D-принтера с декартовыми осями координат;
б) Фотография промышленного крана

Роботы свободного передвижения – летающие роботы, которые используются в неподготовленных местах и строительных площадках. Это самые продвинутые модели в плане ИИ [2].



а



б

Рисунок 3 - Роботы свободного перемещения:
а) Фотография дрона с ёмкостью для покраски;
б) Фотография дрона с инструментом для тяжело-доступных мест

Роботы в строительстве используются для выполнения различных задач, и можно составить их типологию по функционалу, как например сборка конструкций, покраска, сварка, резка, фрезеровка и других операций. Вот несколько видов роботов, используемых в строительстве:

1. Строительные краны.
2. Краны-манипуляторы.
3. Роботы-сварщики.
4. Роботы для резки.
5. Роботы-маляры.

6. Роботы для сборки.
7. Роботы для контроля качества.
8. Роботы для уборки мусора.
9. Роботы для ландшафтного дизайна [4].

В современном мире робототехника, архитектура и строительство являются динамично развивающимися областями. Важную роль в этом процессе играет математика, позволяющая разрабатывать алгоритмы для программирования роботов, проектировать здания и выполнять различные расчеты в строительной сфере.

Программирование робототехники включает в себя множество математических процессов. Рассмотрим некоторые из них:

- Линейная алгебра.
- Дифференциальные уравнения.
- Теория вероятности и статистика.
- Геометрия.
- Графика и визуализация.

Математические процессы так же для решения задач в архитектуре и строительстве, например:

- Структурный анализ.
- Тепловой и гидродинамический анализ.
- Расчет нагрузок.
- Проектирование и моделирование [3].

Использование математических процессов позволяет создавать алгоритмы, проектировать объекты и решать различные задачи, связанные с этими областями.

Библиографический список

1. *Питер Корк*. Зрение и контроль: Фундаментальные алгоритмы в MATLA // - издательство: Springer International Publishing, 2023 г.
2. *К. Шулган, Л. Бернс*. Автономия. Как появился автомобиль без водителя и что это значит для нашего будущего // - издательство: Бомбора, 2021 г.
3. *Ш. Ноф*. Справочник по промышленной робототехнике // - издательство: Машиностроение, 1989 г.
4. *П. Марш*. Не счесть у робота профессий // - издательство: Мир, 1987 г.
5. *Е. И. Юревич*. Основы робототехники // БХВ-Петербург, 1985.

Вихрова Д.А., студентка 1 курса 53 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. **В.С. Мавзовин**

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В современном мире мы видим огромное разнообразных сооружений, на возведение которых строительные компании тратят колоссальное количество ресурсов, таких как:

- Материальные ресурсы;
- Технические ресурсы;
- Организационно-технологические ресурсы.

Строительство является сложным процессом, требующим точного расчёта и планирования на каждом из следующих этапов:

1. Проектирование;
2. Получение разрешений и лицензий;
3. Подготовка материалов и оборудования;
4. Подготовительные работы;
5. Строительные работы;
6. Отделочные работы;
7. Оценка качества выполнения работ;
8. Основная проверка и сдача объекта [1].

Строительные компании, как и любое другое предприятие, заинтересованы в оптимизации расходов без снижения качества и прочности сооружения, без увеличения времени, затраченного на возведение.

Оптимизация – процесс, направленный на получение максимально возможного результата, при минимально возможных затратах. В строительной сфере предусматривает оптимальное использование строительных материалов и организационных ресурсов. [3]

Основные вопросы строительства, которые можно оптимизировать:

- Оптимизация проектов;
- Организация поставок материалов;
- Выбор подрядчиков и поставщиков;
- Выбор оптимальных технологий;
- Оптимизация расходов на транспорт;
- Оптимизация строительного процесса;
- Оптимальная планировка территории;
- Выгодное применение новых технологий и материалов [4].

Каждый из вышеперечисленных пунктов оказывает значительное влияние на конечный результат строительства, сроки возведения сооружения и качество выполнения строительных работ.

От правильности выполнения оптимизационных работ зависят затраты на реализацию данных пунктов [5].

В задачах на оптимизацию заданы определенные условия производства, исходя из которых, требуется найти неизвестные величины с целью минимизации расходов и максимизации качества.

Математической моделью задач такого типа являются одно или два линейных уравнения относительно данных неизвестных и одно линейное или простейшее нелинейное уравнение, связывающее неизвестные и величину, максимум (далее - \max) и минимум (далее - \min) необходимо найти. Данная величина вводится как параметр и является целевой функцией.

Решением такой задачи будет являться \max и \min значения параметра, при которых уравнение имеет минимум один корень на множестве положительных чисел и удовлетворяющий заданным условиям.

В общем случае оптимизационную задачу можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned} F = f(x_j) &\rightarrow \max(\min); \\ g_i(x_j) &\leq b_i (i = 1, m); \\ d_i &\leq x_j \leq D_j (j = 1, n); \end{aligned}$$

Где F – целевая функция;

$g_i(x_j) \leq b_i$ – заданные ограничения;

$d_i \leq x_j \leq D_j$ – граничные условия.

Данная система – общий случай математической записи оптимизационных задач. Но не все задачи можно привести к этой записи. Необходимо видеть взаимосвязь между заданными условиями и целью строительной компании. Составляются функции, через которые выражается зависимость относительно поставленных ограничений, которые аналогично могут быть заданы функцией.

Следовательно, нужно вследствие различных математических преобразований прийти к функции, содержащей все условия. Анализ такой функции приведет к оптимальному решению.

Основным методом такого исследования выступает дифференцирование, нахождение \max , \min функции.

В результате подобных расчетов мы получаем информацию об оптимальном значении искомых величин.

Следовательно, является возможным принятие рационального решения на основе доступных данных [2].

Оптимизация – важнейший компонент планирования затрат, позволяющий строительной компании сбалансировать издержки производства, не понижая показатели «качество» и «эффективность».

Результатами оптимизационных математических расчетов не стоит пренебрегать ни на одном этапе строительства, так как от этого напрямую зависит конечный результат деятельности компании.

Оптимизация – важнейший процесс, требующий точных математических расчетов, обширных знаний в соответствующей сфере, полноценного исследования рынка строительных материалов, анализ возможных вариантов сотрудничества с другими компаниями, долгосрочного прогнозирования изменений в организации предприятия и проведении работ. Следует предположить, что строительной компании следует тщательно отбирать специалистов, способных реализовать данный процесс с максимальной точностью.

В современном мире развития всех сфер общества строительное производство так же не стоит на месте: ежегодно появляется огромное количество разнообразных технологий, упрощающих возведение сооружения, открываются новые материалы или свойства старых, позволяя расширить область их применения.

Грамотный специалист при решении оптимизационных задач примет все нововведения во внимание, сможет определить потенциально выгодные для точной реализации целей строительной компании.

Оптимизационные работы не должны быть проигнорированы предприятием, так как это может повлечь за собой нерациональные расходы и издержки производства.

Библиографический список

1. *Калашиников А.А., Ватин Н.И.* Организация, управление и планирование в строительстве: учебное пособие. Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та, 2011. С. 82 – 122.
2. *Акимова Е.В.* Управление затратами в строительстве. Журнал «Справочник экономиста» №5, 2014. – с.3 - 5
3. *Байрамуков С.Х., Долаева З.Н., Карабышев Р.К., Текеев И.С.* Оптимизация проекта организации с учетом фактора энергопотребления // Известия СевКавГГА. №3(17).2018. С. 19 – 26.
4. *Афанасьев В.А.* Поточная организация строительства // Стройиздат, 1990. С. 302 – 310.
5. *Величкин В.З., Петроченко М.В., Птухина И.С., Городишенина А.Ю.* Методика Оптимизации затрат строительных компаний при реализации общей технологии возведения объекта // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. – С. 21.

Волков В.А., Трофимова М.И., студенты 1 курса 42 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук **С.В. Ерохин**

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГИПЕРБОЛОИДНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Статья посвящена исследованию гиперboloидных конструкций в строительстве. Основное внимание уделяется особенностям таких сооружений, их преимуществам и возможным областям применения. Описана одна из наиболее распространённых методик расчёта конструкций в виде гиперболического параболоида.

Современная архитектура включает в себя множество стилей и подходов, начиная от знакомых и привычных и заканчивая сложными и новаторскими. Одним из таких подходов является применение линейчатых поверхностей. Данные поверхности могут быть созданы вручную, описаны сложными математическими моделями и обработаны с помощью специализированного программного обеспечения [1]. Таким образом, современная архитектура непрерывно развивается, пробует новые формы и подходы, включая даже самые необычные и сложные проекты.

Гипербола — это геометрическая фигура, которая образуется при вращении прямой линии вокруг точки, которая не лежит на этой прямой [2]. Однополостный гиперboloид образуется при вращении прямой линии вокруг оси, которая лежит на этой прямой, но не совпадает с ней. Двуполостный гиперboloид образуется при вращении прямой линии вокруг оси, которая не лежит на этой прямой и не совпадает с ее центром.



Рисунок 1 - Шуховская башня

Одним из самых ярких примеров использования однополостного гиперboloида в строительной сфере является гиперboloидная башня В.Г.

Шухова (рис. 1). Данная башня была построена для Всероссийской промышленной выставки, проходившей в Нижнем Новгороде.

Она стала первым сооружением в мире, созданным по технологии гиперboloидных структур. В.Г. Шухов является автором концепции создания гиперboloидного профиля этой башни. Для поддержания ритма пересекающихся стоек при увеличении высоты башни требуется увеличение их количества. Однако существует и альтернативное решение - увеличение высоты путем добавления одного гиперboloида к другому [5].

В статье описываются два основных метода построения каркасов гиперboloидных структур:

1. Сварка «встык»: элементы каркаса состоят из нескольких более коротких элементов. Этот метод использовался при строительстве башни в Кобе, Япония.

2. Сварка “внахлест”: стержни соединяются с помощью сварки. Примерами этого подхода являются башня в Полибине и Аджигольский маяк на Украине.

Оба метода позволяют легко собирать конструкции с помощью подъемного крана. Особенностью этих конструкций является то, что сечение основания башни меньше, чем сечение вершины.

Отметим, что использование гиперболических форм в процессе проектирования зданий и конструкций позволяет инженерам создавать более прочные и устойчивые сооружения по сравнению с зданиями, имеющими “прямые” стены, однако подобные формы часто создают значительные объемы непригодного для эксплуатации пространства.

По этой причине такие здания часто выполняют сугубо функциональные задачи: водонапорные и радио- и телебашни, градирни, однако в отдельных случаях их применение служит и эстетическим целям.

Параметрическое моделирование — это наиболее популярный метод создания гиперболических конструкций [3]. Одним из главных преимуществ такого подхода является возможность быстрого и легкого изменения формы модели путем корректировки ее параметров.

Параметрическое задание поверхности однополостного гиперboloида используется для упрощения построения сетки оболочки и ее последующего расчета [5].

$$x(s, t) = -a * \sin t + s * \sqrt{b^2 - a^2} * \cos t \quad (1)$$

$$y(s, t) = a * \cos t + s * \sqrt{b^2 - a^2} * \sin t \quad (2)$$

$$x(u, v) = c * s \quad (3)$$

где:

a - внутренний радиус поверхности;

b - внешний радиус поверхности;

c - высота конструкции

u, v - параметры образующей конструкции, варьируемые от 0 до 2π

Параметрическая форма описания поверхности однополостного гиперboloида позволяет разделить модель на равномерные сегменты по высоте конструкции. Это отличается от непараметрической формы описания, которая разбивает образующую гиперboloида на равные участки.

Современные подходы к численному решению технических задач, связанных с гиперboloидными конструкциями, включают использование метода конечных элементов.

Гиперboloидные поверхности имеют ряд преимуществ для использования в архитектуре и дизайне. Их использование в строительстве стало революционным изменением и важным достижением технологического прогресса. Примеры этого можно увидеть в актуальности и полезности использования таких форм не только в прошлом, но и в настоящем. Рассмотрим их наиболее важные свойства:

1. Гиперboloидные конструкции имеют простую и элегантную форму, которая хорошо сочетается с окружающим ландшафтом. Сетчатая структура башен на основе однополостного гиперboloида и масштабные шатровые конструкции выглядят эффектно и гармонично. Необычная форма оболочек, основанная на гиперboloическом параboloиде, также привлекает внимание и вписывается в окружающую среду.

2. Гиперboloидные конструкции обладают высокой жесткостью и прочностью благодаря своим геометрическим свойствам.

3. Гиперboloидные конструкции также обладают свойством сохранять свои основные характеристики при пересечении с другими геометрическими формами. Это позволяет комбинировать разные типы поверхностей в одном здании или сооружении.

Все это делает гиперboloические поверхности идеальным выбором для архитекторов и инженеров, работающих в области строительства.

Библиографический список

1. *Дыховичный Ю.А.* Современные пространственные конструкции. М.: Высш. шк., 2011. 543 с.
2. *Ильин В.А.* Аналитическая геометрия. М.: Наука-физматлит, 2016. 224 с.
3. *Кравченко Г.М., Манойленко А.Ю., Литовка В.В.* Параметрическая архитектура // Инженерный вестник Дона, 2018, №2.
4. *Кривошапка С.Н., Мамиева И.А.* Аналитические поверхности в архитектуре здания: конструкций и изделий: Монография. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. 328 с.
5. *Шухова Е.М.* Владимир Григорьевич Шухов. Первый инженер России. М.: МГТУ, 2003. 368 с.

Волошина В.Е., Бабаян А.А., студенты 1 курса 52 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. физ.-мат. наук, ст. преподаватель **М.Р. Шихшинатова**

МАТЕМАТИКА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФОРМ ЗДАНИЙ

Математика, как и любая другая наука играет огромную роль в жизни каждого человека. Так, например, архитектор, прежде чем приступить к проектированию здания набрасывает на бумаге геометрические фигуры, т.е. изображает обобщенные формы будущего здания. Далее он постепенно прорабатывает свой эскиз, создавая из простых фигур сложные формы зданий, считающиеся прекрасным и гармоничным.

Поэтому для того, чтобы здание выглядело эстетичным и было прочным архитекторы используют определённые пропорции (соотношения). Например: инженер, измеряя сечение колонны, думает о пропорциях потому, что они влияют на структурную устойчивость.

У простых отношений числовая зависимость двух величин выражается дробью, где числитель и знаменатель – это числа в пределах от 1 до 6 [3].

В основном обычные геометрические фигуры (например квадрат и куб) строятся в отношении 1:1.

В прямоугольнике кратные отношения дают повторение квадрата некоторое число раз (в нашем случае квадрат — это модуль) прямоугольной формы 1:2; 1:3; 1:4; 1:5; 1:6. В прямоугольниках с отношением сторон 2:3; 3:4; 2:5; 3:5; 4:5; 5:6, модуль — это мера длины, которая находится в пределах от 1 до 6, в каждой из сторон целое число раз [3].



Рисунок 1 - Египетские пирамиды

Итак, в простых отношениях мы можем увидеть обычное соотношение величин, которое является одним из важных условий, для того чтобы заметить гармоничную связь, также она хорошо прослеживается в отношении 1:1 [3].

Примерами простых отношений являются: квадрат, 1,5 квадрата, 2,5 квадрата, отношение сторон в египетском треугольнике 3:4:5 [3].

Еще с древних веков архитекторы использовали математику для создания своих произведений искусства. Так, в Древнем Египте использовали треугольник 3:4:5 для создания пирамид, а это еще и подразумевает знание теоремы Пифагора [1].

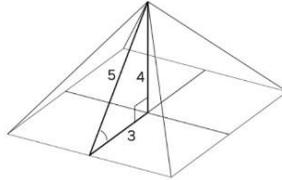


Рисунок 2 - Пирамида с треугольником 3:4:5

Иррациональные отношения - отношения, которые основаны простой геометрической закономерностью.

Такие иррациональные отношения можно выразить, как:

1) Отношение высоты H равностороннего треугольника к $1/2$ его основания.

2) Отношение золотого сечения: $(1:1,618035)$.

3) Отношение диагонали D квадрата к его стороне.



Рис. 3. Греческий Парфенон

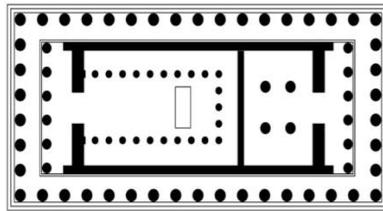


Рис. 4. План Парфенона

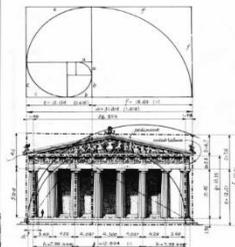


Рис. 5. Золотое сечение на Парфеноне

В Древней Греции при создании Парфенона, как можно увидеть на плане, использовались простые фигуры - прямоугольники и круги. А при его строительстве из обычных цилиндрических колонн высекли красивые капители с каннелюрами [2]. Скульптор Фидий, при создании данного произведения древнегреческой архитектуры применял пропорции золотого сечения, которые визуально создают ощущение гармонии. [4] Золотое сечение определяется по следующей формуле:

$$\frac{1+\sqrt{5}}{2} = \varphi, \text{ где } \frac{1+\sqrt{5}}{2} = \frac{1+2,23607}{2} = \frac{3,23607}{2} \approx 1,618035$$

Если в древности люди всё делали на бумагах, что требовало от них точных расчетов и чертежей без погрешностей, то на сегодняшний день они научились создавать все в компьютерных программах.

Так, за пару минут архитекторы могут создать здание, начав с прямоугольника, и закончив поразительным строением.

А благодаря цифровому прогрессу, сейчас можно сделать визуализацию проекта, что позволит посмотреть на него так, как он будет выглядеть в жизни [5].

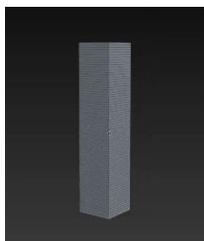


Рисунок 6 - Первый этап

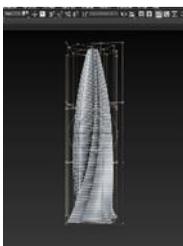


Рисунок 7 - Последний этап

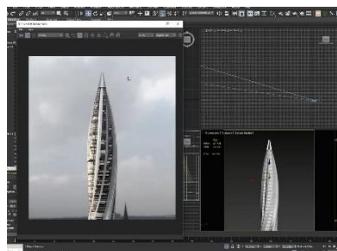


Рисунок 8 - Визуализация проекта

Библиографический список

1. *Замаровский В.* Их величества пирамиды - М.: «Наука» главная редакция восточной литературы, 1986. 312 с.
2. *Берд М.* Парфенон - М.: Эксмо, 2007. 209 с.
3. *Шевелев И.Ш.* Принцип пропорции: о формообразовании в природе, мерной трости древнего зодчего, архитектурном образе, двойном квадрате и взаимопроникающих подобиях - М.: Стройиздат, 1986. - 76 с., 187-188 с., 191 с.
4. *Тимердинг Г.Е.* Золотое сечение - М.: КомКнига, 2005. - 134 с.
5. *Ланцов А.Л.* Компьютерное проектирование зданий - М.: Риор, 2014. 106 с.

*Гришина П.В., Лачина А.Д. студенты 1 курса 71 и 41 группы ИАГ
Научный руководитель –
преподаватель В.В. Харламова*

ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ

Топология-раздел математики, связанный с выяснением и исследованием в рамках математики идеи непрерывности [3].

Топология изучает геометрические свойства и пространственные соотношения, на которые не влияет непрерывное изменение формы или фигур. В ней важны соотношения с соседними формами и элементами и инвариантность границ при различных родах деформаций пространства [2,4]. Топологический подход основывается на описываемых в разделе математики «Топология» свойствах, таких как неизменность и свойства пространственных взаимоотношений.

Топологический подход в градостроительстве подразумевает исследование местности в качестве отдельно взятого единого пространства, обладающего взаимосвязанностью находящихся на нем объектов, а именно улиц, зданий, кварталов и т.д., также большую значимость имеет самоорганизация пространства (элементы города, и его жители взаимодействуют и сотрудничают для создания и поддержания порядка). При планировании городской среды топологический подход имеет ряд преимуществ:

1. При использовании пространственных фундаментальных знаний в оптимизации городской среды происходит качественное планирование территории;
2. Учитываются взаимодействия элементов среды;
3. Все элементы рассматриваются как единое целое, что помогает более осознано спроектировать городскую среду.

Топологический подход основывается на определенных принципах:

1. Пространство рассматривается как неделимая совокупность всех частей, то есть все объекты являются частью пространства.
2. Учет потребностей человека.
3. Рассмотрение положения географических объектов (рельеф местности).
4. Создание городской среды, которая имеет адаптивные свойства, с помощью которых она может приспосабливаться к последующим изменениям и новым технологиям.
5. Создание транспортной инфраструктуры с учетом пассажиропотоков, транспортных потребностей и потребностей окружающей среды.
6. Городские сети взаимодействуют друг с другом и с дорогами (водопровод, электричество, интернет).

Из-за отсутствия топологического подхода при планировании городской среды может возникнуть ряд проблем, для решения которых затрачиваются как экономические, так и рабочей силы.

Примером этого служат транспортные сети Москвы.

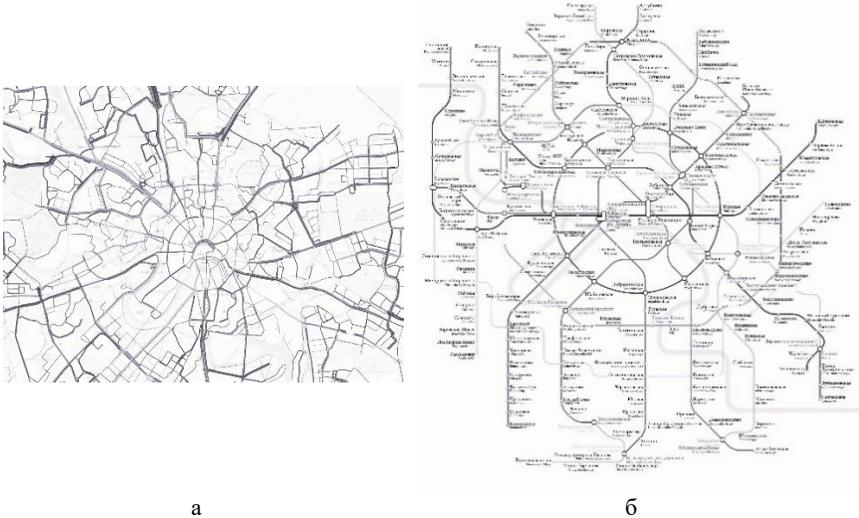


Рисунок 1 - Схемы транспортных сетей Москвы:
 а) Часть схемы наземного транспорта
 б) Схема метро

Одними из главных проблем транспортных сетей Москвы является расположение относительно друг-другу центров притяжения и отношение численности населения к площади [1].

Недостаточно развитая инфраструктура окраин города приводит к дорожным проблемам. Транспортные сети Москвы достаточно перегружены, утром движение направлено к центру, вечером- наоборот.

Москва — это город общественного транспорта. Из-за вышеперечисленных проблем возникают новые-пробки, поэтому время передвижения на собственном транспорте увеличивается в двое, а то и в трое раз. Говоря о том, что общественный транспорт является наиболее выгодным способом перемещения человека, нужно отметить, что из-за расположения относительно друг-другу центров притяжения часто происходит перегруз линий метро и скопление большого количества людей на автобусных остановках.

Работы по улучшению транспортной инфраструктуры проводятся и по сей день: в 2022 году произошло внедрение электробусов, регулярно развивается Метрополитен [5].

При этом происходит недостаточный учёт потребностей пешехода, например: появление большого количество слепых зон, часто неправильное проектирование мест для пересадок при использовании общественного транспорта, большие расстояния между помещениями человеческого пользования и остановками общественного транспорта.

При модернизации Метрополитена на станциях, являющихся культурным наследием, не происходит учет потребностей людей с ограниченными возможностями.

Положительное влияние на проблему транспортных сетей Москвы может оказать модернизация вело-инфраструктуры, так как она может частично разгрузить общественный транспорт, более точное и продуманное планирование пешеходных зон, которое поможет обеспечить безопасность населения.

При городском планировании следует рассматривать общую картину уже имеющейся застройки, анализировать допущенные ошибки и стараться прогнозировать появление новых проблем. Всё это сочетает в себе топологический подход.

Библиографический список

7. *Нехайчик О.В.* Анализ дорожно-транспортной инфраструктуры московского мегаполиса: от теории к практике / Вопросы государственного и муниципального управления. - 2012. - № 2. - С. 202 – 213.

8. *Гаевская З.А.* Контуры топологического градостроительства // Вестник ЮУрГУ. Серия “строительство и архитектура” 2022. Т. 22, № 3 С. 5-13.

9. *Архангельский Александр Владимирович.* Топология Большая российская энциклопедия, 2016 [Электронный ресурс] URL: <https://bigenc.ru/c/topologiia-6b610e>

10. *Ласточкин А.Н.* Основы общей теории геосистем: учебное пособие в 2 ч. / А.Н. Ласточкин. СПб.: Изд-во С.-Петербур. Ун-та, 2016. Ч. 1.- 132 с.

11. *Савченко-Бельский В.Ю., Мальцева М.В., Маслова А.П.* Проблемы и перспективы развития транспортной системы московской агломерации. 2022. №1 С. 124-127.

*Зайцева Е.А., Коннова В.А., студентки 1 курса 58 группы ИАГ
Научный руководитель –
преподаватель В.В. Харламова*

ИСТОРИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ С ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВОМ

Начиная с древних времен математика являлась неотъемлемой частью градостроительства. Великие умы, вроде Архимеда, Евдокса и Евклида, оказали огромное влияние на развитие не только математики, но и науки о градостроительстве. Например, Евклид в своем великом труде "Начала" сумел собрать наиболее значимые исследования своих предшественников, подробно изложив многие математические вопросы, включая стереометрию и некоторые аспекты теории чисел. Что в последующем колоссально повлияло не только на развитие математики, но и ее приложений.

Потребности развивающегося строительства и последующей архитектуры и градостроительства способствовали появлению и развитию математики. Это явление, в частности, нашло свое отражение в названии одной из самых древних областей математики - геометрии, что переводится как "измерение земли". Действительно, задачи измерения расстояний, площадей земельных участков, поиска закономерностей между линейными размерами и площадями различных фигур, стали предметом изучения.

Геродот, древнегреческий историк, описывал начало геометрии в Древнем Египте следующим образом. Фараон Фесострис разделил землю, выделив для каждого египтянина участок, с которого позже собирался соответствующий налог. В случае затопления участка Нилом, пострадавшие сразу обращались к царю, который отправлял следователя, чтобы выяснить, насколько уменьшился участок и, соответственно, уменьшал налог. Таким образом, именно в Египте зародилась геометрия, а позже она распространилась в Грецию.

В XI веке, появляются первые университеты в Салерно и Болонье. Большое влияние на строительную науку оказали такие математики, как Леонардо Пизанский (XIII век), философы и математики Роберт Гроссетест и Роджер Бокон, которые продвигали необходимость экспериментальных исследований для развития науки, а также Иоганн Мюллер (XV век), который развивал тригонометрию [1, 3].

С течением времени города расширялись, развивалась инфраструктура, но роль математики оставалась по-прежнему весомой. Начиная с исследования территории, где бы лучше располагался город, чтобы земля вокруг могла прокормить наибольшее количество человек. Так же подсчитывалось количество леса – материалов для застройки города [4]. Строительство любого города начинается с составления городского плана. Например, существует большое количество разновидностей структур

городов: Радиально-кольцевая схема города: состоит из двух разных видов магистралей - кольцевых и радиальных.

Радиальные связывают центр города с периферийными районами, а кольцевые улицы соединяют радиальные и обеспечивают перевод транспортных потоков с одного радиального направления на другое. В плане данная схема представлена в виде кругов – геометрических фигур. Так же существует шахматная схема, использование которой было актуально во все времена. Данная схема представляет собой пересечение улиц под прямым углом равным 90.

Следовательно, можно утверждать, что использование геометрии в градостроительстве применяется не только для каких-либо расчетов, но и для создания структур городов.

Также существуют лучевая, прямоугольная, комбинированная и произвольная схемы городов, каждая из которых тоже основывается на определенных геометрических фигурах [2].

Москва является единственным городом в России с радиально-кольцевой структурой (рис.1). Столица много веков росла в разные стороны практически равномерно, и каждая новая граница становилась окружностью — так появились ее знаменитые «кольца». Из центра- точка, из которой лучами расходятся большое количество автомобильных магистралей, из них за его границу выходят 11 федеральных автомобильных дорог с учётным номером «М».



Рисунок 1

С развитием компьютерных технологий менялось и взаимодействие математики и градостроительства, и так появилось математическое моделирование, которое включает в себя компьютерные расчеты, для изучения поведения сложных архитектурных и градостроительных объектов во времени. Сюда относятся такие методы, как линейное и нелинейное программирование, динамическое программирование, оптимизация, интерполяция, аппроксимация, вероятностные методы и другие. Использование данных методов помогает добиться максимальной точности при строительстве, минимизируя ошибочные данные, способствуют более рациональному использованию ресурсов, при минимальных затратах добиваться более значительных результатов [1].

Математическое моделирование в градостроительстве используется для расчетов и формулирования проектных решений.

Это позволяет объективизировать процесс проектирования; повысить легитимность принимаемых решений, повысить качество проектных предложений [5].

Математическое моделирование применяется на разных этапах градостроительного планирования и проектирования, особенно на тех этапах, когда объектом является система расселения или целый город. Существует два типа математического моделирования: описательное, представляет собой математическое описание функционирования городских подсистем.

Конструктивное (нормативное). Выражает правила проектирования подсистемы в виде математических задач.

Таким образом, математика и градостроительная наука на протяжении всей истории имели тесную взаимосвязь, и в настоящее время многие градостроительные принципы основываются на математическом знании.

Библиографический список

1. *Гурьянова В.С., Петрович Т.М.* Математическое моделирование развития городов. Санкт-Петербург: Лаборатория градопланирования, 2013.
2. *Белюсов В.* Математические методы решения комплексных задач градостроительного проектирования. Москва: Стройиздат, 1977.
3. *Костюков Н.А.* Математика в архитектуре // Юный ученый. 2023. № 5 (68). С. 101-104.
4. *Кабакова С.И.* Градостроительная оценка территорий городов. Москва: Стройиздат, 1973.
5. *Авдоткин Л.Н.* Применение вычислительной техники и моделирования в архитектурном проектировании: учебное пособие для вузов по специальности / «Архитектура». Москва: Стройиздат, 1978. 255 с.

*Заикина Д.А., Ермакова С.Е., студенты 1 курса 52 группы ИАГ
Научный руководитель –
канд. физ.-мат. наук, ст. преподаватель М.Р. Шихшинатова*

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ОРНАМЕНТ

Геометрический орнамент часто включает в себя различные фигуры, такие как ромбы, круги, квадраты, треугольники, параллелограммы, овалы и многоугольники. Эти фигуры могут быть использованы как основные элементы орнамента или комбинироваться и повторяться для создания узоров. Геометрические фигуры в орнаменте могут быть как абстрактными, так и стилизованными. Популярной геометрической фигурой для украшения был ромб (рисунок 1). Он в целом является базой для орнаментального искусства.



Рисунок 1 - Ромбический узор

Круги и овалы в архитектурном геометрическом орнаменте часто используются для создания ощущения движения, гармонии и симметрии. Они могут быть расположены как внутри других фигур, так и самостоятельно (рисунок 2), создавая уникальные узоры и узнаваемый стиль.

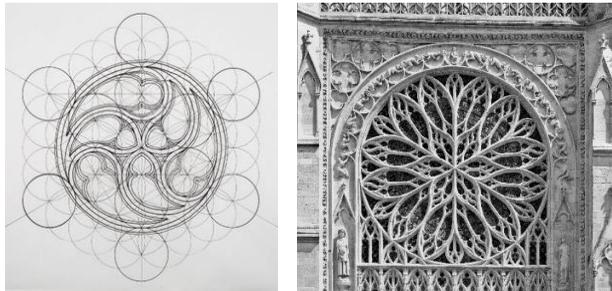


Рисунок 2 - Геометрический орнамент и Делаль Амьенского собора

Паркет (или мозаика) - бесконечное семейство многоугольников, покрывающее плоскость без просветов и двойных покрытий. Иногда паркетом называют покрытие плоскости правильными многоугольниками, при котором два многоугольника имеют либо общую сторону, либо общую вершину, либо совсем не имеют общих точек.

Паркеты из одинаковых правильных многоугольников:

Сумма всех углов n -угольника равна $180^\circ(n-2)$. Все углы правильного многоугольника равны, следовательно, каждый из них равен $180^\circ(n-2)/n$.

В каждой вершине паркета сходится целое число углов, поэтому число $2 \cdot 180^\circ$ должно быть целым кратным числа $180^\circ(n-2)/n$. Преобразуем отношение этих чисел:

$$\frac{2\pi n}{\pi(n-2)} = \frac{2n}{n-2} = 2 + \frac{4}{n-2}$$

Разность $n-2$ может принимать лишь значения 1, 2 или 4; поэтому n может быть равно только 3, 4 или 6.

Значит, можно получить паркет, составленные из правильных треугольников, квадратов или правильных шестиугольников (рисунок 3).

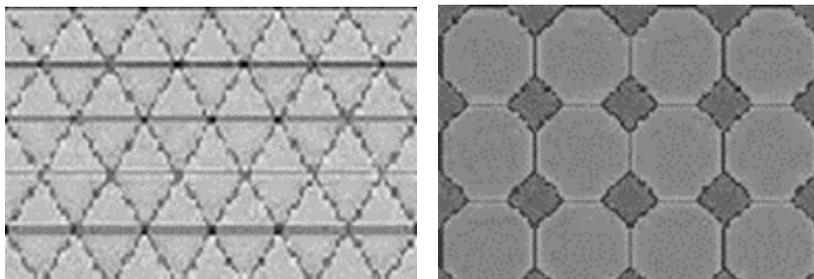


Рисунок 3 - Орнамент из правильных треугольников и шестиугольников

Одним из самых древних видов мозаик с точки зрения рисунка были мощения полов и дворики в виде концентрических кругов.

Развитие математики и геометрии эпохи расцвета эллинских государств способствовало распространению знаний о законах симметрии и применению этих знаний в изобразительном искусстве, которое воспринималось неотъемлемой частью жизни и развития общества.

Геометрическое построение элементарных розеток — это разбиение круга на концентрические кольца и диаметральные сектора.

Рассмотрим простейший вариант создания такой розетки.

Мозаика Пенроуза – это художественная техника, разработанная архитектором и дизайнером Гьюго Пенроузом в середине 19 века.

Мозаика Пенроуза часто применяется в архитектуре для украшения фасадов зданий и внутренних помещений. Она собрана из ромбов двух типов, один – с углом 72° , другой – с углом 36° . Картина получается симметричная, но не периодичная.

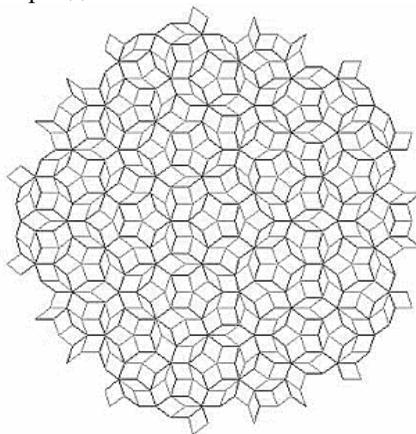


Рисунок 4 - Мозаика Пенроуза

Однако, если присмотреться, можно узреть, что в узоре Пенроуза нет таких повторяющихся структур – он периодичен. Но дело отнюдь не в оптическом обмане, а в том, что мозаика не хаотична: она обладает вращательной симметрией пятого порядка. Это значит, что изображение можно поворачивать на минимальный угол, равный $360/n$ градусам, где n – порядок симметрии, в данном случае $n = 5$. Следовательно, угол поворота, который ничего не меняет, должен быть кратен $360 / 5 = 72$ градусам.

Библиографический список

1. *Шипачев В.С.* Высшая математика. Базовый курс: Учебное пособие для бакалавров / В.С. Шипачев; Под. ред. А.Н. Тихонов.-М.: Юарт, 2013. – 447 с.
2. *Малыхин В.И.* Высшая математика: Учебное пособие / В.И. Малыхин. – М.: Инфа-М, 2010. – 365 с.
3. *Краснов М.Л.* Вся высшая математика. Т.1: Аналитическая геометрия, векторная алгебра, диффер. Исчисление: Учебник / М.Л. Краснов, А.И. Киселев, Г.И. Макаренко. – М.: КД Либроком, 2014. – 336 с.
4. *Геворкян П.С.* Высшая математика. Линейная алгебра и аналитическая геометрия / П.С. Геворкян. – М.: Физматлит, 2014. – 208 с.
5. *Алексеев С.С.* Архитектурный орнамент. М.: Госстройиздат, 1954. – 135 с.
6. *Баттистини М.* Символы и аллегории: визуальные коды понятий в произведениях изобразительного искусства. М.: Омега, 2008. 381 с.

Ефремова А.И., студентка 1 курса 71 группы ИАГ
 Научный руководитель –
 преподаватель **В.В. Харламова**

ТОЧЕЧНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КУПОЛОБРАЗНЫХ ФОРМ АКТУАЛЬНОСТЬ ВЫБРАННОЙ ТЕМЫ

Большинство способов построения куполов подразумевает использование уже готовых шаблонов геометрических форм, комбинации которых позволяют образовать целостную форму тела вращения. Такой подход позволяет представить лишь оболочку проектируемой поверхности, что не редко ограничивается только дугами окружности, наборами эллипсов в рамках компьютерной программы (например, REVIT, AutoCAD и др.) [1]. Но такие сложные процессы не могут обойтись без сложных вычислений, что делает такую работу довольно трудоёмкой. Поэтому можно сказать, что тема проектирования куполов недостаточно изучена и постоянно требует дополнительных сведений. Поэтому, чтобы увеличить возможности моделирования куполов в архитектуре, кроме геометрического подхода можно также рассматривать точечное исчисление в рамках математического аппарата MATLAB. С помощью него в виде точечных уравнений можно создавать простые алгоритмы для моделирования.

Описание точечного метода

Для описания точечного исчисления используем модель образующей линии, вращение которой образует луковичный купол (рисунок 1).

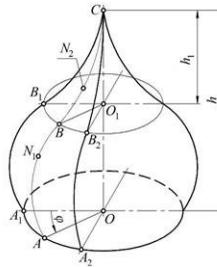


Рисунок 1 - Геометрическая схема операции вращения вокруг оси OC

Использование полярной параметризации плоскости OAC для реализации операции вращения вокруг оси OC подразумевает использование уравнения полярной параметризации плоскости [2]:

$$A = (A_1 - O) \frac{|OM| \sin(\alpha - \varphi)}{|ON_1| \sin \alpha} + (A_1 - O) \frac{|OM| \sin \varphi}{|OD| \sin \gamma} + O,$$

где $\angle AOD$; 2α – угловой параметр (рис. 1).

Примем за основу тетраэдр ACA_1A_2 с вершиной т. О. Составим параметрический вид для т. А:

$$A = (A_1 - O) \cos \varphi + (A_2 - O) \sin \varphi + O$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x_A = (x_{A_1} - x_0) \cos \varphi + (x_{A_2} - x_0) \sin \varphi + x_0 \\ y_A = (y_{A_1} - y_0) \cos \varphi + (y_{A_2} - y_0) \sin \varphi + y_0 \\ z_A = (z_{A_1} - z_0) \cos \varphi + (z_{A_2} - z_0) \sin \varphi + z_0 \end{cases}$$

Аналогично, составляем для т. В:

$$B = (B_1 - O) \cos \varphi + (B_2 - O) \sin \varphi + O$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x_B = (x_{B_1} - x_0) \cos \varphi + (x_{B_2} - x_0) \sin \varphi + x_0 \\ y_B = (y_{B_1} - y_0) \cos \varphi + (y_{B_2} - y_0) \sin \varphi + y_0 \\ z_B = (z_{B_1} - z_0) \cos \varphi + (z_{B_2} - z_0) \sin \varphi + z_0 \end{cases}$$

Определение базовых точек для точечного моделирования

Порядок построения поверхности луковичной форме должен выполняться обратном порядке [3]. Надо определить подвижные точки а и б, точки ломанных (в нашем случае Р и Q).

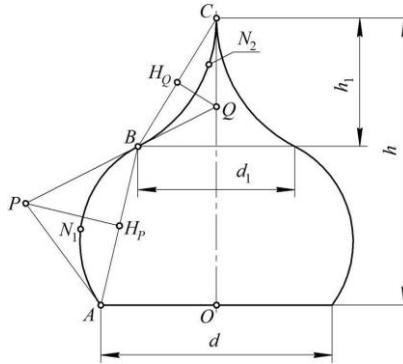


Рисунок 2 - Геометрическая схема построения образующей линии купола

Заранее предполагается, что проектировщик сам выбирает значения размеров купола (d, d_1, h, h_1 , рис.2) купола. Пусть т. О – начало координат. Тогда с учётом заданных габаритов получим координаты базовых точек, по которым MATLAB сможет визуализировать нужную нам поверхность: $O(0;0;0)$, $O_1(0;0;h-h_1)$, $A_1(\frac{d}{2};0;0)$, $A_2(0;\frac{d}{2};0)$, $A_1(\frac{d_1}{2};0;h-h_1)$, $B_{1_1}(0;\frac{d_1}{2};h-h_1)$ и $C(0;0;h)$.

Таким образом, поверхность луковичного купола можно представить как форму, состоящую из двух отсеков (А-В; В-С), пересечение которых происходит в эллипсе. Так ось вращения точек представлена в виде CO , то у фигуры образуется особая точка C , смещение которой равно 0 [4].

Для подтверждения правильности вычислением координат базовых точек наблюдаем в MATLAB, как меняется форма купола [5]:

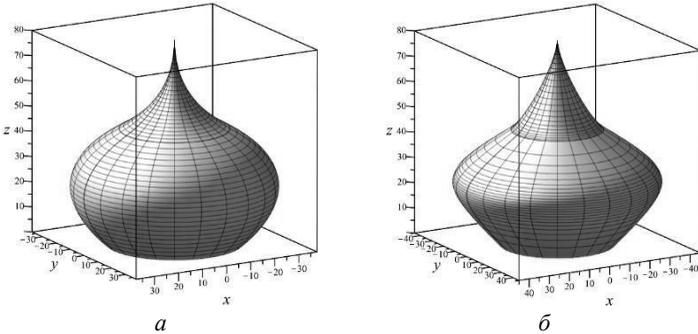


Рисунок 3 - Визуализация поверхности луковичного купола:
а) с параболической образующей; б) с гиперболической нижней частью и эллиптической верхней частью

Обычные методы проектирования куполов, кроме владения различными компьютерными программами и знания начертательной геометрии, требует также поредение сложных операций и вычислений для образования нужной формы. При этом, зачастую, разнообразие пропорций куполов ограничены во многих программах. Точечное исчисление в моделировании позволяет проектировщику визуализировать купол, отклоняясь от стандарта, тем самым дав себе возможность создавать свою уникальную форму.

Библиографический список

1. *Ваванов Д.А.* Компьютерные способы построения храмовых архитектурных форм православных церквей с использованием AutoCAD и 3DMAX // Инновации и инвестиции. – Москва, 2019. С. 221-224.
2. *Кочина А.С.* Параметризация некоторых поверхностей при помощи функций комплексного переменного // Физико-математические науки. – Калининград, 2021. С. 29-33.
3. *Конопацкий Е.В.* Моделирование дуг кривых, проходящих через наперед заданные точки // Вестник компьютерных технологий. Нижний Новгород, 2019. С. 30-36.
4. *Бубеев И.Т.* Метод моделирования кривой первого порядка гладкости // Программные системы и вычислительные методы. - Улан-Уде, 2019. - С. 15-16.
5. *Осинов В.В.* Точечные модели многомерных линейных динамических систем // Математическое моделирование. – Красноярск, 2011. С. 85.

Железнова К.М., Сивкова М.Н., студентки 1 курса 54 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. В.С. Мавзовин

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИКИ В АРХИТЕКТУРЕ

Целью данной статьи является рассмотрение некоторых математических задач в архитектуре. Математика как точная наука неразрывно связана со сферой строительства. К данной науке обращаются не только в практических, но и в эстетических вопросах. Далее рассмотрим примеры применения математики в решении архитектурных задач.

Пропорции.

Важнейшую роль в любом архитектурном проекте играет его композиция. Для того чтобы привести ее в гармонию и придать ей эстетическую выразительность, необходимо применить средства гармонизации композиции.

Одним из таких средств являются пропорции, иными словами, соотношение отдельных элементов друг к другу и к целому. Среди существующих концепций пропорций выделяют «золотое сечение». «Золотым сечением» называют такое соотношение частей и целого, при котором отношение меньшей части к большей равняется отношению большей части к целому.

Численно этот коэффициент равен примерно 1,618.

Его значение связано с арифметическим рядом «числа Фибоначчи», где каждый последующий член равен сумме двух предыдущих (0; 1; 1; 2; 3; 5; 8; 11; 19 и т.д.) [1]. Отношение двух рядом стоящих чисел из этого ряда приблизительно равно коэффициенту «золотого сечения» и называется числом Фибоначчи. Рассмотрим пропорции золотого сечения на примере Парфенона (рисунок 1.):

$$\frac{S}{10K} = \frac{H}{B} = \frac{B}{A} = \frac{N}{M} = \frac{E}{2D} = \frac{2D}{W} = \frac{W}{T} = \frac{T}{F} = \frac{P}{U} = \frac{U}{G} = \Phi = 1,618 \dots$$

$$S : 10\Phi = K$$

$$3K \cdot 2,2 = W$$

$$W \cdot \Phi = 2D$$

где:

Φ – число Фибоначчи;

K - нижний диаметр рядовой колонны;

W - три шага рядовой колонны;

D - высота колонны.

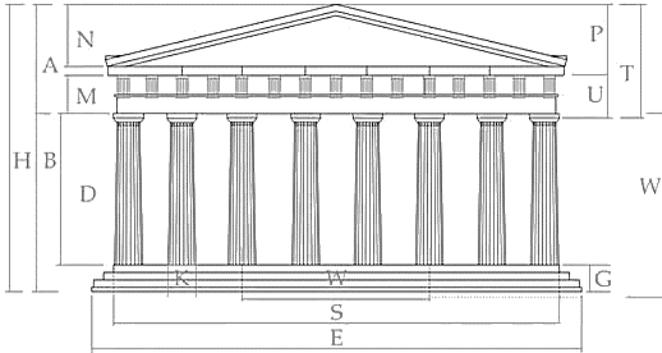


Рисунок 1 - Золотое сечение Парфенона

Поверхности второго порядка в архитектуре.

Современные архитекторы все чаще прибегают к использованию линейчатых поверхностей в своих проектах, так как те обладают многими преимуществами как в практическом, так и в эстетическом плане.

Так, стало популярно использование гиперболических поверхностей в качестве основы внешней формы, например, гиперболического параболоида (сокращенно – гипара) [2]. За счет своей формы оболочки – гипары обладают высокой жесткостью и прочностью. Поверхность оболочки описывается уравнением ее кривизны в прямоугольной системе координат [3]:

$$z = f \left(\frac{xy}{ab} \right)$$

При этом кривизны оболочки равны

$$k_x = \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = 0$$

$$k_y = \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = 0$$

$$k_{xy} = \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} = \frac{f}{ab}$$

где:

a, b – половины сторон прямоугольника, являющегося проекцией гипара на плоскость $хоу$;

f – стрела подъема/провеса

Данная поверхность второго порядка применена в архитектуре такого здания, как Павильон Oceanografico (рисунок 2) архитектора Сантьяго Калатрава [4, 5, 6].

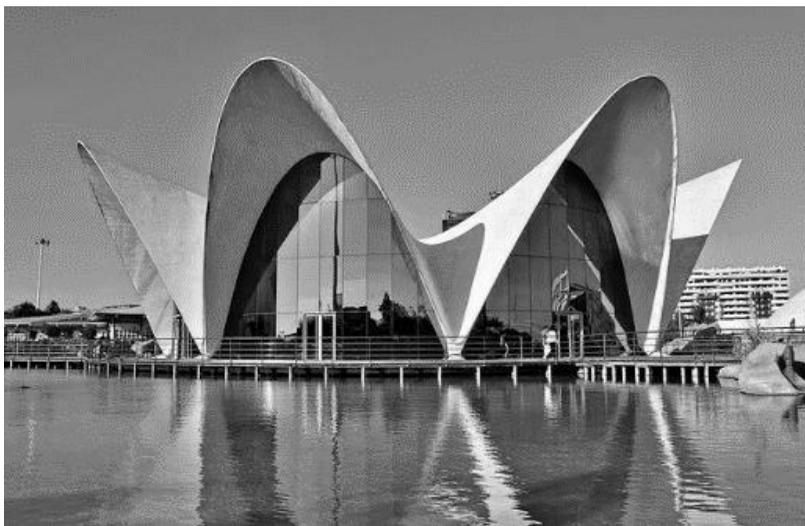


Рисунок 2 - Павильон Осеанографико. Город искусств и наук в Валенсии, Испания

Библиографический список

1. *Борисов, Н.О.* Золотое сечение в архитектуре / Научный форум. Сибирь. – 2017. Т. 3, № 1. С. 37.
2. *Гомельская Д.А.* Гиперболические параболоиды в малых архитектурных формах / Вестник ландшафтной архитектуры. – 2023. – № 33. – С. 20-23.
3. Гиперболические параболоиды (гипары) / Железобетонные и каменные конструкции: Учебник. – Москва: Издательский Дом "Академия Естествознания", 2016. – С. 349-355.
4. *Якшина, А.А.* Пластическая интерпретация природных форм в архитектуре Сантьяго Калатравы / Международная научно-техническая конференция молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 1007-1017.
5. Jodidio Philip. Santiago Calatrava. Complete Works 1979-2009. Taschen, 2009. 528 с.
6. Santiago Calatrava – Architects & Engineers [Электронный ресурс] URL: <https://calatrava.com>

Карев Н.А., студент 1 курса 57 группы ИАГ
 Научный руководитель –
 преподаватель **В.В. Харламова**

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ПРОСТЕЙШИХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМАХ

Архитектура окружает нас каждый день, мы строим свою жизнь вокруг и внутри неё, в то время как архитекторы стараются сделать всё для нашего личного комфорта. Одним из таких методов гармонизации форм можно назвать математическую закономерность, созданную для упрощения формы, приводя её к более понятному для наблюдателя виду [1, 3]. Закономерность – это циклично повторяющееся число явлений, свойств или действий, связанных с элементами заданного ряда. Основы простейших закономерностей чисел и значений выстраиваются на базе понятий логики и критическом мышлении, применяемых нами с самого детства в решении простейших задач [4]. Приведём пример математических закономерностей.

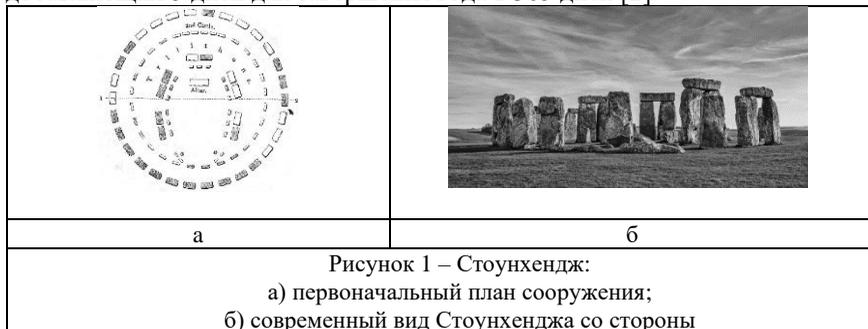
Таблица 1.

Возрастающая	0,4, 8, 12, 16, 20 ...	$a_n < a_{n+1}$
Убывающая	70, 60, 50, 40, 30, 20	$a_n > a_{n+1}$
Арифметическая прогрессия	1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5	$a_{n+1} = a_n + d$
Геометрическая прогрессия	0,1, 0,5, 2,5, 12,5	$b_{n+1} = b_n * q$

Стоит заметить, что простые закономерности человек улавливает сразу, они легче поддаются его пониманию и зачастую лежат в основе многих архитектурных форм и элементов. Их применение создаёт благоприятную для глаза человека окружающую среду, в которой всё наблюдаемое поддается простым и понятным для него законам, а значит не представляет для него опасности (исходя из инстинктивного мышления человека), также наблюдатель не задумывается о сложности конструкций, скрывающихся внутри сооружения, тем самым получая эстетическое наслаждение. Математические закономерности привлекали человека ещё много лет назад при постройке простейших сооружений [2]. В своём докладе хочу пролить свет на один из редко упоминаемых видов первых построек человека, послуживший началу стоечно-балочной системе [1], – кромлех. Кромлех – это сооружение, как правило, бронзового века, представляющее собой несколько продолговатых каменных глыб, выстроенных в определённом порядке для определённого практического использования.

Самым популярным является Стоунхендж, расположившейся в 130 км к юго-западу от Лондона, представляет собой календарную систему, позволяющую рассчитать время, день и год. Сама ландшафтная конструкция описывает прямоугольник, по углам которого стоят 4 камня, используемых

для счёта високосных годов, внутри прямоугольника стоят 30 вытянутых к небу глыб, обозначающих каждый день в месяце и 5 трилитонов, добавляющих 5 дней для завершения года в 365 дней [2].



Несмотря на то, что со временем постройка оказалась сильно разрушена из-за многовекового вмешательства людей, в ней до сих пор возможно отследить эти закономерности, приводящий нас в искреннее удивление. Почти 5 тысяч лет назад человек смог рассчитать правильный угол падения солнца и использовать закономерное расположение камней для упрощения собственной жизни и ориентации во времени, что не может не впечатлять [5]. Здесь видна точность применения симметрии, играющей важную роль в распознавании теней. Левые и правые части, зеркальны друг другу, то есть полностью повторяют сами себя. Такую закономерность, взяв за расстояние на окружности при каждом следующем камне – x_n , можно представить в виде:

$$x_n = n(a + b)$$

где a – расстояние между камнями, а b – ширина одного каменного элемента. Расчёт системы ведётся, начиная с первого элемента. Таким образом даже в древних и примитивных постройках наших предков возможно проследить математические закономерности и даже вывести их формулу, показывающую нам точность и верность исторических расчётов.

Библиографический список

1. *Кавтарадзе С.Ю.* Анатомия архитектуры / 3-е изд. — Москва: Издательский дом Высшей школы экономики, 2017. 472 с.
2. *Кольман Э.* История математики в древности / М.: Физматлит, 1961. 239 с.
3. *Михаловский И.Б.* Теория классических архитектурных форм / 3-е изд. Москва: Издательство Академии архитектуры СССР, 1944 — 270 с.
4. *Скорубский В.И.* Математическая логика / М.: Юрайт, 2023. 211 с.
5. *Хокинс Джеральд.* Расшифрованный Стоунхендж. Обсерватория каменного века / М.: Центрполиграф, 2022. 255 с.

Катрачева Е.С. студентка 1 курса 42 группы ИАГ
 Научный руководитель –
 доц., канд. физ. –мат. наук, доц. **А.Р. Рустанов**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИВЫХ ВТОРОГО ПОРЯДКА И ЛИНЕЙЧАТЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В АРХИТЕКТУРЕ

При изучении архитектурных сооружений становится ясно, что ещё в древности учёные основывали свои расчёты на фундаментальных математических принципах и пропорциях, которые выводили опытным путём. С течением времени ничего не изменилось архитекторы по-прежнему зависят от математики. Несмотря на то, что в настоящее время возможны автоматизированные расчётные операции, архитекторам всё равно необходимо знать, как работают те или иные уравнения и законы. Рассмотрим некоторые отечественные и зарубежные архитектурные сооружения, в конструкциях которых используются кривые второго порядка и линейчатые направляющие поверхности.

1. Башня «Эволюция» – многофункциональный небоскреб.

В 21 веке новые технологии проектирования позволили использовать инновационную бионическую архитектуру сложных форм. Башня «Эволюция» (рисунок 1), которая имеет закрученную спиралевидную геометрию за счёт смещения повторяющихся плоских форм на равные углы поворота от этажа к этажу, является отличным примером данного новшества.

Колонны внутри служат своеобразным стержнем, а каждый этаж повёрнут относительно нижестоящего на 3° , благодаря чему здание выглядит закрученным по спирали [1]. От первого до последнего этажа башня совершает оборот в 135° . Конструкция данного здания напоминает прямой геликоид (рисунок 2).



Рисунок 1 - Башня «Эволюция»

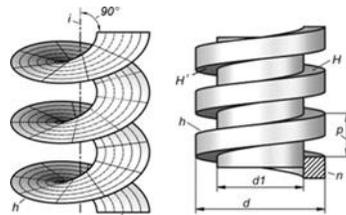


Рисунок 2 - Прямой геликоид

Перед башней нет никаких зданий, однако в нём что-то отражается. На самом деле это панорама города, которая с точки зрения оптики поворачивается на 90° .

Именно из-за иллюзии, которая зависит от конструктивных особенностей здания, получается такое выразительное архитектурное сооружение.
2. Дом Мельникова.

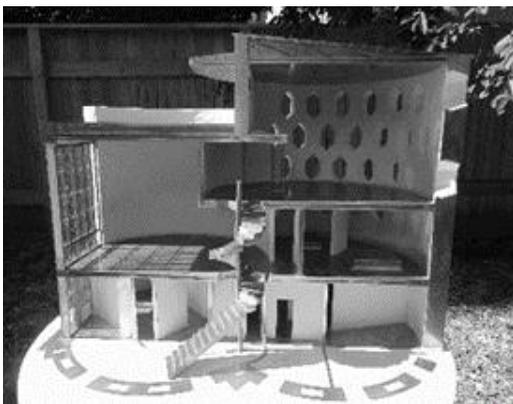


Рисунок 3 - Макет дома Мельникова

Дом Мельникова построен в начале 20 века и является ярким примером конструктивизма. По своей форме здание представляет собой 2 цилиндра, врезавшихся друг в друга на $\frac{1}{3}$ радиуса основания [2].

Одним из самых интересных инженерных решений, использованных Мельниковым, на мой взгляд является лестница (рисунок 3), так как её основная часть образует геликоид (известная минимальная поверхность нулевой кривизны). Конструкция лестницы проста, имеется ось и ступеньки, которые задают движение вращающейся прямой, перпендикулярной к этой оси.

3. Башня Шухова.

Башня Шухова, одна из немногих его башен, сохранившихся до наших дней. Несмотря на свои плавные линии, она возведена исключительно из прямых балок, такого устройства, как однополостный гиперолоид. Данное строение можно с уверенностью назвать новаторским, ведь использование особой линейчатой жёсткой конструкции гениально.

Сетчатая конструкция устойчива к разрушительной силе ветра – это одно из её преимуществ. Простота и лаконичность данного архитектурного сооружения чувствуется во всём, ведь деталями являлись заклёпки и профили [3].

4. Павильон Philips, Бельгия.

Данное сооружение спроектировано мастерской Ле Корбюзье для всемирной выставки в Брюсселе, для того чтобы компания Philips продемонстрировала своё новаторство в области звука и света [4].

Проект должен был учитывать требования к акустике и визуальному вовлечению аудитории, поэтому была необходима уникальная форма. Ей стала шатроподобная конструкция, образованная девятью переплетёнными гиперболическими параболоидами (рисунок 4).

Наивысшая точка располагалась на высоте 20 метров от земли. Корпус был изготовлен из уникальных трапециевидных панелей, а по его внутренней и внешней поверхности были проложены натянутые стальные тросы. Однако данное архитектурное сооружение, намного опередившее своё время, было снесено.

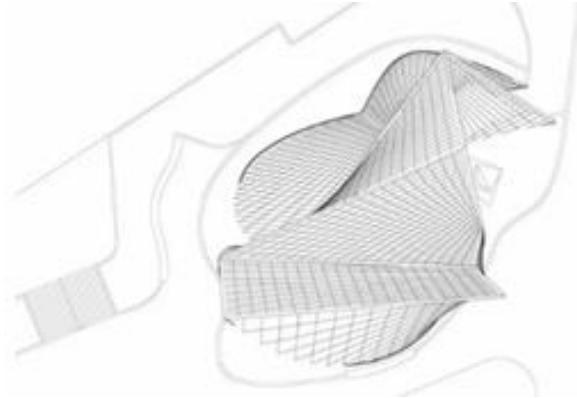


Рисунок 4 - План павильона

Использование потенциала кривых второго порядка и линейчатых направляющих поверхностей обогащают творческий арсенал архитекторов, позволяя создавать яркие и надёжные с точки зрения конструкции [5].

Библиографический список

1. *Белостоцкий А.М., Акимов П.А., Кайтуков Т.Б., Петряшев Н.О., Петряшев С.О.* О состоянии и развитии системы мониторинга инженерных конструкций башни «Эволюция» // *Academia. Архитектура и строительство.* 2020. - №1 (стр.112-113).
2. *Агишева И.Н., Покка Е.В.* Творчество архитектора Константина Мельникова // *Известия КазГАСУ.* 2017. - №2 (стр.12).
3. *Травуш В.И., Белявский С.А., Кодыш Э.Н., Мамин А.Н., Авдеев К. В., Рэуцу А.В., Симаков В.С.* Радиобашня инженера Шухова - столетняя история и перспективы // *Academia. Архитектура и строительство.* 2023. -№3 (стр.147).
4. *Коньшева Е.В.* Советский павильон на всемирной выставке: поиск и воплощение архитектурного образа // *НИР.* 2020. -№4 (стр.735).
5. *Лексина О.И.* Архитектура, искусство, дизайн: Линейчатые поверхности как основа конструкции и образа. 2017.-№5. С. 8.

*Машикова И.Д., Дурягина Д.И., студентки 1 курса 55 группы ИАГ
Научный руководитель –
преподаватель Т.Ю. Познахирко*

ЗАМОЩЕНИЕ ПЛОСКОСТИ В АРХИТЕКТУРЕ

Замощение плоскости – это процесс покрытия плоскости геометрическими фигурами без пробелов и наложений. Это математическая концепция, которая широко используется в различных областях, включая геометрию. В общем случае, замощение плоскости – это разбиение плоскости на конечное число областей, каждая из которых может быть представлена в виде некоторой геометрической фигуры.

При этом важно, чтобы все области были конгруэнтны (то есть имели одинаковую форму и размер), и чтобы они не перекрывались и не оставляли пробелов. Замощение плоскости может быть регулярным или нерегулярным.

Регулярное замощение – это такое, в котором все области одинаковы и расположены симметрично относительно некоторой точки или оси. Нерегулярное замощение – это такое, в котором области могут быть разными и расположены без какой-либо видимой симметрии.

Замощение плоскости имеет множество применений. Например, в геометрии оно используется для изучения свойств плоскости и ее разбиения на различные фигуры.

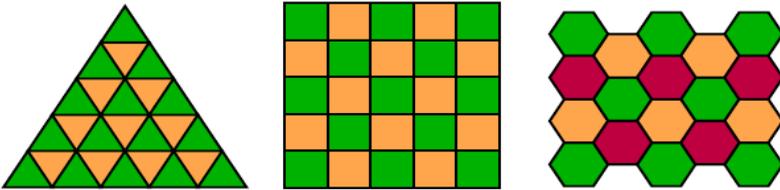


Рисунок 1

Когда речь идет о замощении плоскости, есть несколько различных формул и алгоритмов, в зависимости от типа замощения, которое мы хотим создать. Вот некоторые распространенные формулы и понятия:

1. Формула Шлефли: Формула Шлефли используется для описания замощений с помощью симметричных многоугольников. Она определяет количество n -угольников вершины p вокруг каждой вершины q как

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} - \frac{1}{n} = 1 \quad (1)$$

1. Формула Эйлера: Формула Эйлера устанавливает связь между числом вершин (V), ребер (E) и граней (F) полиэдра. Для плоского замощения, где нет объемных фигур, эта формула принимает вид:

$$V - E + F = 2 \quad (2)$$

3. Расширенная теорема о замощении: Расширенная теорема о замощении, также известная как теорема Петерсена, указывает условия, при которых можно замостить плоскость определенным образом с использованием только определенных фигур.

Другими словами, если из каждой вершины графа выходит ровно три ребра и каждое ребро принадлежит циклу, то в графе есть множество рёбер, касающихся каждой вершины графа ровно один раз.

В архитектуре замощение плоскости часто используется для создания декоративных или функциональных элементов в зданиях.

Замощение может быть выполнено с использованием различных материалов, таких как плитка, камень, дерево или даже металл.



Рисунок 2 - Замощение в архитектуре

Любители математики знают задачу Эйнштейна о замощении плоскости, также известная как задача о замощении плоскости с помощью семи мозаичных плиток, является одной из самых известных задач в области геометрии.

Эта задача была предложена Альбертом Эйнштейном в 1921 году.

Суть задачи заключается в следующем: есть семь различных мозаичных плиток, каждая из которых имеет форму правильного шестиугольника.

Задача состоит в том, чтобы покрыть плоскость этими плитками так, чтобы не было двух одинаковых плиток, прилегающих друг к другу.

Эта задача оказалась очень сложной, но В 2022 году математик-любитель Дэвид Смит обнаружил плитку в форме 13-угольной «шляпы», состоящую из восьми копий дельтоида с углами 60° – 90° – 120° – 90° , склеенных встык, которые, как казалось, могли неперiodически замостить плоскость.

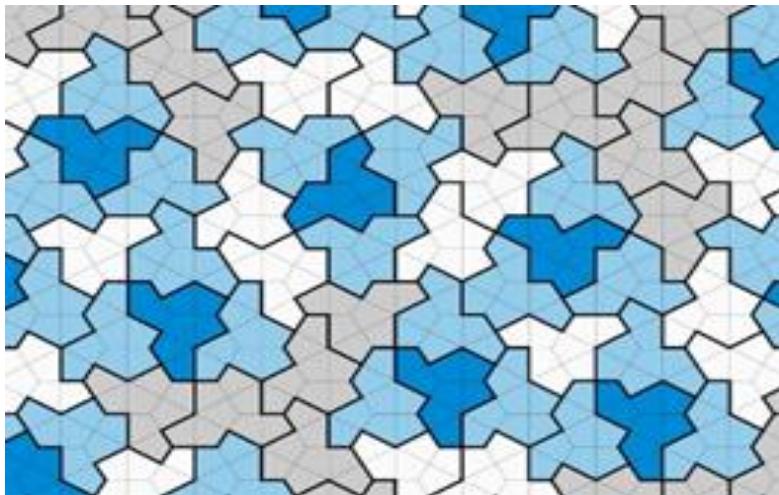


Рисунок 3 - Задача Альберта Эйнштейна

Смит обратился за помощью к профессиональным математикам Дж. С. Майерсу, К. С. Каплану и Х. Гудман-Штрауссу, и в 2023 году они совместно опубликовали доказательство, что «шляпа» вместе с её зеркальным отражением образуют набор плиток, который замостит плоскость исключительно неперiodически, что является решением. Задача привлекает внимание математиков и любителей математики со всего мира.

Библиографический список

1. *Микель Альберти* Бесконечная мозаика. 2014.
2. *Трошин П.И.* Регулярное замощение плоскости Лобачевского. 2019. с. 591.
3. *Табачников С., Д.Фукс.* Невозможные замощения. 1979. С. 230-241
4. *Нурлигареев Х.* Журнал «Квантик» № 10 Мозаика Робинсона. 2020. С. 18.
5. *Акияма Д., Руис Мари-Джо.* Страна математических чудес. 2009. С. 23-54.

Мазниченко М.Е., студентка 1 курса 57 группы ИАГ
 Научный руководитель –
 доц., канд. техн. наук, доц. **В.С. Мавзовин**

ГЕОМЕТРИЯ ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМОВ МОСКВЫ

В данной статье мы хотим вывести закономерности использования различных геометрических фигур и тел в строении главных храмов Москвы, а также выяснить, как определённые фигуры связаны с магией чисел и религией

В качестве объектов исследований мы выбрали 2 главных храма Москвы: Успенский Собор, Собор Покрова Пресвятой Богородицы, что на Рву.

Успенский Собор расположен на Соборной площади и был построен в 1475-1479 году под руководством итальянского зодчего Аристотеля Фьораванти. Для анализа форм будут использоваться чертежи 2-ух разрезов здания: вертикального (рисунок 2) и горизонтального (рисунок 3), а также схему храма (рисунок 1).



Рисунок 1



Рисунок 2

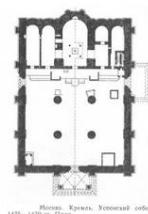


Рисунок 3

Как мы видим, в основе храма лежит прямоугольный четырёхугольник – точных данных о происхождении такой формы основы нет, так как в Ветхом завете сказано, что Бог спустился к пророку Моисею на гору и объяснил ему, как должны выглядеть храмы Божьи.

Однако мы можем предположить, что такая форма храма пошла с тех времён, когда христиане подвергались гонениям и были вынуждены проводить свои службы в катакомбах, имеющих прямоугольную форму. Фасад храма также продолжает прямоугольную форму, однако на четырёх сторонах мы видим арки, а точнее закомары.

В древнерусском языке комара – свод, а закомара – это полукруглое завершение стены, которое закрывает кровля такой же формы. Такие архитектурные элементы начали использоваться с 12 века.

Как считается, конструкции, имеющие арочную форму, являются очень устойчивыми и долговечными именно поэтому они стали неотъемлемым

элементом зданий ещё до нашей эры. Одним немаловажным элементом является апсида, которая, по традиции, размещается на восточном фасаде, это элемент, имеющий форму полуцилиндра и являющийся одним из ключевых для богослужений в храме, поэтому важно учитывать его объём: $\frac{\pi R^2}{2} h$. Учёт объёма данной постройки очень важен, т.к. он учитывается для наибольшего отражения звука, т.к. в апсидах размещаются церковные хоры. Апсиды являются не цельным элементом, они имеют навершия из полусфер под названием конха.

Геометрические тела: Полусфера: $H=3 \cdot \pi \cdot r^2$ – площадь поверхности, $V = \frac{2}{3} \pi R^3$ – объём полусферы.

Далее идут барабаны, на которые помещаются купола, барабаны традиционно имеют цилиндрическую форму. Цилиндр: $S = 2\pi R h + 2\pi R^2$ – площадь поверхности, $V = \pi R^2 h$ – объём цилиндра.

Ну и венцом храма, конечно же, является шлемовидный купол, его математическая модель наиболее сложная из представленных.

По сути, купол есть сращение полусферы и конуса (рисунки 4, 5).

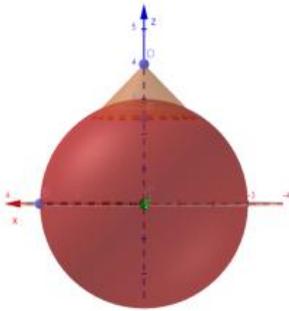


Рисунок 4

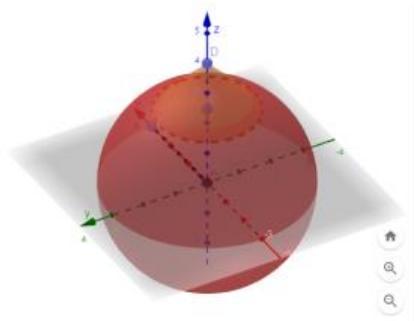


Рисунок 5

Храм Пресвятой богородицы, что на Рву расположен на Красной площади в Москве. Был заложен в 1555г, объединяет в себе одиннадцать церквей. Для анализа формы храма мы также будем использовать 2 разреза: вертикальный (рисунок 7) и горизонтальный (рисунок 6).

Основание храма имеет сложную структуру, однако стоит заметить, что при упрощении мы видим ромб и прямоугольник, имеющих общий центр.

Барабаны церквей имеют восьмиугольную или цилиндрическую форму: Цилиндр: $V = \pi R^2 h$ – объём цилиндра, $S = 2\pi R^2 + 2\pi R h$ – площадь поверхности. Восьмигранная призма: $S = 4a^2 * (1 + \sqrt{2}) + 8ah$, где a – сторона основания, a – длина ребра, $V = 2a^2 h * (1 + \sqrt{2})$ – объём призмы.

В данном храме используются купола луковичного типа, которые с геометрической точки зрения получаются путём вращения кривой, заданной сложной параметрической функцией вокруг своей оси (рисунок 9).

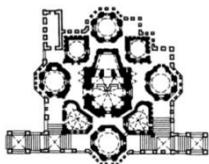


Рисунок 6



Рисунок 7



Рисунок 8

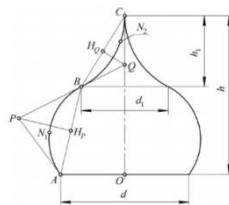


Рисунок 9

Вывод: даже самые сложные архитектурные формы при грамотном делении на составляющие состоят из простых геометрических тел и фигур, анализ которых можно легко провести, зная основы геометрии.

Библиографический список

1. *Копировский А.М.* Христианский храм: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. М.: Свято-Филаретовский православно-христианский институт, 2007. — 64 с.: ил.
2. *Возняк, Е.Р.* Архитектура православных храмов на примере храмов Санкт-Петербурга: учеб. пособ. / Е. Р. Возняк, В. С. Горюнов, С. В. Семенцов; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 80 с.
3. *Атанасян, В.Ф. . Бутузов, С.Б. Кадомцев и др.* Геометрия. 10— 11 классы: учеб. Для общеобразоват. учреждений : базовый и профил. уровни . — 18-е изд. — М.: Просвещение, 2009 — 255 с.
4. *Газаева И.А.* Учебное пособие по дисциплине «История архитектуры» для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство, профиль «Промышленное и гражданское строительство» всех форм обучения. – Махачкала: ДГУНХ, 2020. – 215 с.

Набатян М.Л., Жигур А.Ю., студенты 1 курса 41 группы
Научный руководитель –
преподаватель Т.Ю. Познахирко

ТРИГОНОМЕТРИЯ В АРХИТЕКТУРЕ

Архитектура и математика тесно связаны между собой. Хороший архитектор должен обладать как творческим потенциалом, так и аналитическим складом ума, в том числе знаниями основ математики: алгебры, геометрии, тригонометрии и т.д. Особое значение для архитектора имеет тригонометрия – раздел математики, изучающий зависимости между углами и сторонами треугольников и тригонометрические функции, поскольку геометрическая природа углов и треугольников берёт своё начало и в архитектуре [3-4]. Синус, косинус, тангенс – некоторые из тригонометрических функций, которые являлись важным инструментом при проектировании для архитекторов как древности, так и современности.

Можно выделить два основных направления применения тригонометрии в архитектуре:

Использование тригонометрии для математических расчётов или измерений каких-либо архитектурных сооружений или их элементов.

Использование тригонометрии как композиционного средства при создании архитектурной формы.

На рисунке 1 один из наиболее распространенных применений тригонометрии в архитектуре — это определение высоты здания [1].

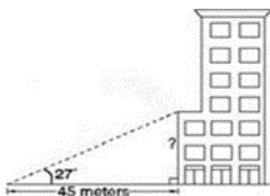


Рисунок 1 – Пример измерения высоты части здания

В основном, для расчёта высоты используется тригонометрическая функция тангенса. Данная функция даёт возможность определить высоту объекта или точки, если известны расстояние до здания и угол, образованный горизонталью и линией, соединяющей точку наблюдения с рассматриваемым объектом, по следующей формуле:

$$h = s \times \tan \alpha \quad (1)$$

где α – угол между горизонталью и линией, соединяющей точку наблюдения с верхним концом здания; s – расстояние до здания (горизонталь); h – высота здания.

Следует сказать, что этот способ подразумевает, что основание объекта находится на уровне земли, уклон местности отсутствует. При наличии какого-либо наклона его необходимо учитывать для получения точного результата.

Архитектор может использовать тригонометрию также для расчёта уклона крыши [1]. Для этого необходимо знать следующие величины:

H – высоту крыши;

B – длину ската;

L – длину горизонтальной проекции ската.

Расчёт проводится по элементарным тригонометрическим формулам:

$$\sin \alpha = H \div B$$

$$\tan \alpha = H \div L$$

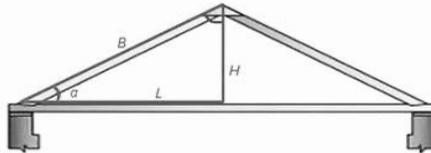


Рисунок 2 – Обозначение элементов двускатной крыши

После чего с помощью таблицы Брадиса находится угол α – угол наклона скатов крыши. Таким же образом можно определить длину ската, зная высоту крыши и угол её уклона.

Помимо этого, тригонометрия используется в архитектуре для расчётов углов падения света, конструкционных сил и нагрузок, углов пересечения опорных балок конструкции и т.д. Также архитекторы используют тригонометрию при проектировании арок и куполов [2]. С помощью тригонометрии архитектор добивается прочности и долговечности своей конструкции. Использование тригонометрии в архитектуре может быть выражено не только в каких-либо математических расчётах или измерениях, но и в художественной форме композиционных решений. Примером выражения тригонометрии во внешней форме может быть детская школа при Храме Святого Семейства, спроектированная архитектором Антонио Гауди, в Барселоне. Стены фасадов здания имеют волнообразную форму коноида. У основания они образуют синусоиду, а по мере увеличения высоты амплитуда синусоиды уменьшается, и на уровне крыши стены имеют плоскую форму (рисунок 4). Благодаря такой конструкции достигается большая прочность и устойчивость стен. Крыша здания также представляет собой форму коноида (рисунок 3). Концы деревянных стропил укладываются на противоположные стены здания по форме синусоиды.

Помимо художественной выразительности такая форма крыши обеспечивает отвод воды на любом её участке.



Рисунок 3 – Детская школа Антонио Гауди (вид сверху)



Рисунок 4 – Детская школа Антонио Гауди (вид сбоку)

Основной фигурой в тригонометрии является треугольник. В архитектуре треугольная форма находит широкое применение, поскольку она помогает обеспечить прочность и устойчивость конструкции. В частности, её используют при проектировании подвесных мостов [1] (рисунок 5). Треугольная форма позволяет мосту выдерживать вес, многократно превышающий свой собственный. Данная форма также лежит в основе пирамиды Хеопса в Гизе (рисунок 6).

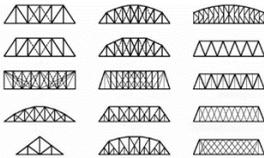


Рисунок 5 – Использование треугольников в различных типах мостов



Рисунок 6 – Пирамида Хеопса

Каждая из её четырёх сторон представляет собой равносторонний треугольник, что позволяет равномерно распределить вес пирамиды и делает её максимально устойчивой.

Библиографический список

1. Powers G. Trigonometry for Engineering Technology With Mechanical, Civil and Architectural Applications. Industrial Press Inc. New York, 2013.
2. Gibilisco S. Trigonometry Demystified A self teaching Guide. McGraw-Hill-Professional, 2003.
3. Postolică V. An Introduction to Trigonometry and its Applications. Bentham Ebook, 2014.
4. Burry J., Burry M. The New Mathematics of Architecture. Thames & Hudson. London, 2010.

Новожилова А.В., Хоменок А.В., студентки 1 курса 55 группы ИАГ
 Научный руководитель –
 доц., канд. физ.-мат. наук, ст. преподаватель **М.Р. Шихшинатова**

ГРАНДИОЗНЫЕ ПОСТРОЙКИ РОССИИ

1. Крымский мост

Крымский мост — это один из самых крупных инфраструктурных проектов в современной России. Этот мост является уникальным сооружением, объединяющим полуостров Крым с материковой частью России. Крымский мост имеет два параллельных моста - автомобильный и железнодорожный. Он протягивается на протяжении более 19 километров через Керченский пролив. Строительство Крымского моста было организовано с привлечением современных технологий и инженерных решений. Для построения Крымского моста использовались различные математические формулы и методы инженерной геометрии, геодезии, статистики и других областей математики. Некоторые из них включают в себя:

1. Формулы для расчета геометрии строения моста, такие как формулы для определения длины и угла наклона опорных сооружений.

$$i = \tan a = \frac{h}{l}$$

2. Методы статических расчетов для определения необходимых размеров и формы элементов мостовой конструкции, а также опор и фундаментов.

3. Математические модели для анализа воздействия силы тяжести, ветра, течения воды и других внешних нагрузок на мостовую конструкцию.

$$V_n = \frac{g}{\rho l} \frac{dH}{dn}$$

5. Расчеты геодезических работ для определения точного положения и высоты каждой опоры и участка пути.
- 6.

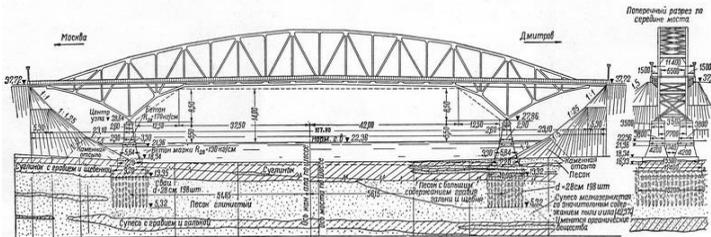


Рисунок 1 - Чертеж Крымского моста

2. Московское метро

Для построения московского метро использовались различные математические формулы и методы, включая геометрические вычисления,

анализ транспортных потоков, оптимизацию маршрутов и расчеты инженерных конструкций. Например, при проектировании тоннелей и станций использовались формулы для расчета необходимого сечения и глубины заложения их подземных сооружений, а также для определения оптимальных углов наклона и радиусов их изгибов.

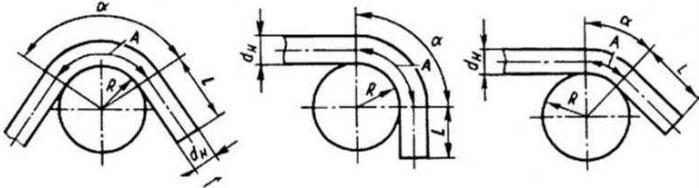


Рисунок 2 - Радиусы изгибов углов

Также использовались формулы для расчета нагрузок на инфраструктуру метрополитена, прочности материалов, сопротивления грунта, а также для оценки экономической эффективности инвестиций в развитие метрополитена.

3. Стадион в Сочи

Стадион "Фишт" имеет вместительность около 40 тысяч зрителей и является одним из самых крупных и современных спортивных сооружений. Особенностью стадиона "Фишт" является его архитектурное оформление, вдохновленное местным природным ландшафтом и черноморским каскадом гор. Также стадион отличается высоким уровнем комфорта для зрителей и удобными условиями для проведения мероприятий.

При строительстве стадиона Фишт в Сочи были использованы различные математические формулы для решения инженерных задач: формулы для расчета нагрузок, прочности материалов, распределения давления; формулы для расчета конструкций, фундаментов и других параметров, необходимых для строительства стадиона.

$$N = \frac{N_{\Phi}}{n} + \frac{M_{xy}}{\sum Y^2} \text{ (формула максимальной нагрузки на сваю)}$$

Библиографический список

1. ООО "СТРОЙГАЗМОНТАЖ", ООО "СГМ" / Строительные чертежи. 2018.
2. Аханов, В.С., Таченко Г.А. «Справочник строителя» - 2004
3. Костина О. Книга «Архитектура московского метро» - 2019.
4. Салимов Р.Б. «Математика для студентов строительных и технических специальностей» - СПб, 2018.
5. Катцен И.Е., Рыжков К.С. «Московский метрополитен» - Издательство академии архитектуры СССР, 1948.

Плоткина Д.В., Прохорова Е.А. студентки 1 курса 55 группы ИАГ
 Научный руководитель –
 доц., канд. техн. наук, доц. **В.С. Мавзовин**

ГАРМОНИЯ СВЕТА И АРХИТЕКТУРНОГО ПРОСТРАНСТВА: МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИНСОЛЯЦИИ

Инсоляция – облучение светом различных архитектурных единиц прямыми солнечными лучами через светопроемы [2]. Существует несколько методов поиска расчётной продолжительности инсоляции. Все они подразделяются на две категории: автоматически и вручную [3]. Авт. методы – методы моделирования, основанные на компьютерной симуляции планируемого объекта. Существуют два основных метода расчёта инсоляции вручную, которые подробно описаны в ГОСТ Р 57795-2017 «Здания и сооружения. Методы расчета продолжительности инсоляции»:

1. Расчёт инсоляции по инсографику

2. Расчёт инсоляции по солнечным картам [1].

Данные, необходимые для расчётов, рассматриваемыми методами:

1. Очень важно найти инсографику и солнечные карты, которые были разработаны для конкретного региона, в котором ведётся строительная работа;

2. Необходимо определить расчётную точку, находящуюся в самой середине инсолируемой части местности. Такую точку следует искать, рассчитывая вертикальные и горизонтальные теневые углы светопроема. Теневые углы светового проема — это вертикальный и горизонтальные углы, для которых существует ограничение для проникновения света в помещение. При расчете таких углов учитываются все выступающие части лицевой стороны здания;

3. Необходимо найти также и световые углы светопроема. Световые углы светопроема – вертикальный и горизонтальный углы, для которых падает прямой солнечный, рассеянный и световые лучи, которые отражаются от поверхности небосвода;

4. Рисунок, на котором изображен способ расчета горизонтальных и вертикальных теневых и световых углов светопроема расчетного помещения (рисунок 1);

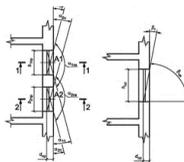


Рисунок 1

$$\alpha_n = \alpha_n = \arctg(d_{np}/b_{np}) \quad (1)$$

$$\alpha_{\text{св}} = 180^\circ \alpha_{\text{л}} - \alpha_{\text{п}} \quad (2)$$

$$\beta_{\text{T}} = \arctg(d_{\text{пр}}/b_{\text{пр}}) \quad (3)$$

$$\beta_{\text{св}} = 90^\circ - \beta_{\text{T}} \quad (4)$$

5. Необходимо так же ознакомиться с нормами СанПиН, так как именно они определяют допустимые показатели длительности инсоляции [4]. Метод расчёта продолжительности инсоляции с помощью солнечных карт: Солнечная карта-график, выполненный в заданном масштабе, на котором изображено отражение половины небесного пространства на плоскость Н. На график нанесена линия движения солнца в определенную часть суток с учётом азимута и высотной отметки солнца.

На графике прямые, направленные к центру, называются азимутальными, а окружности - альмукантараты, т.е. горизонтальные параллельные круги на небосводе. Для расчёта времени длительности инсоляции таким методом необходимо воспользоваться не только солнечными картами, но и теневым угломером [5].

Порядок расчёта по солнечным картам:

1. Графическим либо аналитическим методом определяем размер горизонтальных теневых углов светопроема (см. пункт 4);
2. Определяем также вертикальные теневой и световой углы светопроема (см. пункт 4);
3. Используя теневой угломер, составляем картограмму выбранной комнаты, на которой отражены все углы светопроема (рисунок 2);

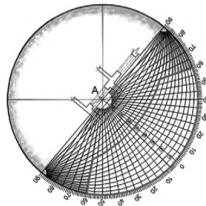


Рисунок 2

4. На плане участка определяем расчётную точку (рисунок 3);

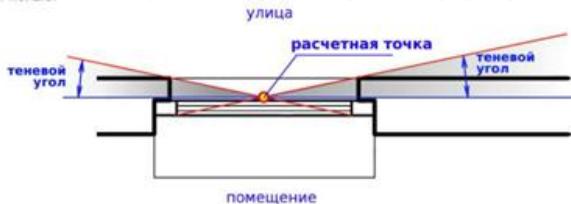


Рисунок 3

5. Совмещаем расчётную точку с срединной точкой картограммы (рисунок 4.);

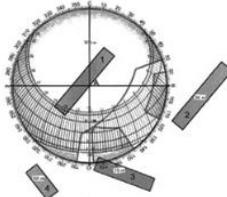


Рисунок 4

6. Используя полученное изображение, строим очертания окружающих зданий, а отметки высоты преобразуем в угловое измерение;

7. Картограмму светового проема, на которой нанесены контуры будущих зданий необходимо объединить с солнечной картой, обратив внимание на заданное направление;

8. Определяем длительность инсоляции способом суммирования часовых отрезков траектории движения солнца (рисунок 5).

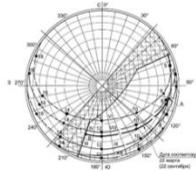


Рисунок 5

Библиографический список

1. ГОСТ Р 57795-2017. Национальный стандарт Российской Федерации. Здания и сооружения. Методы расчета продолжительности инсоляции (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 19.10.2017 N 1451-ст) (ред. от 18.07.2022).

2. *Земцов В.А., Гагарин В.Г.* Инсоляция жилых и общественных зданий. Перспективы развития // АСАДЕМІА. Архитектура и строительство, 2009, №5, с. 147-151.

3. *Поповский Ю.Б.* Расчеты инсоляции в жилых помещениях // Учебно-методическое пособие, 2018. 21 с.

4. *Шмаров И.А., Земцов В.А., Земцов В.В., Козлов В.А.* Обновленная методика расчета продолжительности инсоляции помещений жилых и общественных зданий и территорий по инсоляционным графикам // Жилищное строительство, 2018, №6, с. 24-31.

5. *Шмаров И.А., Земцов В.А., Коркина Е.В.* Инсоляция: практика регулирования и расчета // Жилищное строительство, 2016, №7, с. 48-53.

*Погромская А.А., Мюльберг С.К., Капитонова В.О.,
студенты 1 курса 56 группы ИАГ
Научный руководитель –
канд. физ.-мат. наук, ст. преподаватель М.Р. Шихшинатова*

ИЗУЧЕНИЕ АСИМЕТРИИ, ДИССИМЕТРИИ И АНТИСИММЕТРИИ НА ПРИМЕРЕ ПАМЯТНИКОВ В РОССИИ

Асимметрия, диссимметрия и антисимметрия являются основными понятиями симметрии (симметрия — это соразмерность в расположении одинаковых частей относительно плоскости, линии, точки), которые широко используются в архитектуре. Рассмотрим их на примере памятников архитектуры в России.

Асимметрия – это нарушение симметрии, отсутствие идентичности правой и левой стороны по форме, размеру и/или положению основных частей и черт. Асимметричные памятники архитектуры имеют несимметричное расположение элементов и форм. Сочетание симметрии и асимметрии можно увидеть в архитектуре храма Василия Блаженного (рисунок 1) на Красной площади в Москве.



Рисунок 1 - Храм Василия Блаженного (1555—1561г.) Постник Яковлев

Он состоит из 10 храмов, каждый из которых обладает своей собственной осевой симметрией, но в целом здание не является ни зеркально, ни поворотно симметричным.

1. Считается, что свойства симметрии являются проявлениями состояний покоя, а все свойства асимметрии — движения. Если принять это правильным, то соотношение симметрии и асимметрии таково же, как соотношение покоя и движения.

Таким образом мы можем сказать, что симметрия относительна, а асимметрия абсолютна.

Так же существуют еще два важных понятия такие как антисимметрия и диссимметрия.

2. Диссимметрия — это частичное нарушение симметрии, выраженное в наличии одних симметричных свойств и отсутствии других.

Это явление довольно широко распространено в живой природе. Оно характерно и для человека. Несмотря на то, что очертания его тела имеют плоскость симметрии, человек диссимметричен.

Диссимметричные памятники архитектуры имеют неточный баланс между элементами и формами. Одним из примеров таковых является храм-памятник на Куликовом поле.

В этом здании Щусев соединил как церковную архитектуру, так и формы крепостного зодчества, которые мы можем наблюдать в боковых башнях. Они же и являются ярким примером диссимметрии в архитектуре.

Диссимметрия может проявляться и в деталях. Примером является дворец земледельцев в Казани (рисунок 3). На его фасаде изображено дерево, оно по природе своей диссимметрично. Эта деталь, во-первых, подчеркивает назначение строения, во-вторых, делает здание более живым.



Рисунок 2 - Храм-памятник на Куликовом поле (1913 – 1917).
Арх. А.В. Щусев



Рисунок 3 - Дворец земледельцев.
(2008 – 2009) Леонид Горник

3. Антисимметрия – симметрия форм, элементов, одинаковых по форме, но противоположных по «содержанию»: цвету, «заполнению».

Понятие антисимметрии было введено А.В. Шубниковым в 1951г в своей книге «Симметрия и антисимметрия конечных фигур».

Антисимметричные памятники архитектуры имеют противоположные по форме и размеру элементы и детали.

Симметрия и остальные понятия так же проявляются и в структуре городов. Например, композиция системы площадей исторического центра Санкт-Петербурга (рисунок 4) определяются соотношением взаимосвязанных пространств и объемов.

Здесь асимметрия так же возникает из сочетания симметричных частей. Центром этого ансамбля является Адмиралтейская площадь.

Основными осями можно считать три магистрали, сходящиеся к башне Адмиралтейства. Они легли в основу формирования обширной городской структуры, но не предопределили ее полной симметрии.



Рисунок 4 - Проект планирования Санкт-Петербурга, арх. А Лебзон, 1717 г.

Именно отсутствие элементов симметрии наталкивает на развитие системы, в то время как сама симметрия может фиксировать и ограничивать свободу развития. Из приведенных примеров видно, что математика (а именно понятия симметрии, асимметрии, диссимметрии, антисимметрии) необходима в архитектуре и других видах искусства. Нет ни одного здания, в котором бы не применялись геометрические формы, пропорции и различные виды симметрии.

Изучение асимметрии, диссимметрии и антисимметрии на примере памятников архитектуры в России позволяет лучше понять разнообразие и красоту архитектурных сооружений, а также использование симметрии в искусстве и дизайне.

Библиографический список

1. *Волошинов А.В.* Математика и искусство. М.: Просвещение, 1992.
2. *Смолина Н.И.* Традиции симметрии в архитектуре. М.: Стройиздат, 1990.
3. *Михайленко В.Е.* Природа. Геометрия. Архитектура. 2-е изд., перераб. и доп. К.: Будивельник, 1988.
4. *Фридман И.* Научные методы в архитектуре. М.: Стройиздат, 1983.
5. *Шубников А.В.* Симметрия и антисимметрия конечных фигур. М.: Изд-во АН СССР 1951.

*Поливанов В.И., Самотёсова А.И., студенты 1 курса 55 группы ИАГ
Научный руководитель –
преподаватель В.В. Харламова*

МАТЕМАТИКА В ДЕКОРАТИВНО-АРХИТЕКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

С незапамятных времён было принято украшать архитектурные объекты различными декоративными элементами. Различные техники и художественные приёмы используются для декорирования фасада.

Всегда важно соблюдать те или иные пропорции.

Декоративные элементы должны выглядеть гармонично и не перегружать фасад, создавая общую композицию строения.

Иными словами, архитектурные дополнения создают и передают настроение здания, опираясь на математику: пропорции, гармонию, симметрию, закономерности, и т.п.

Пропорция - соответствие между членами всего произведения и его целым по отношению к части, принятой за исходную.

Как в архитектуре, так и в математике пропорция является важной составляющей, в математике с её помощью составляются равенства, в архитектуре она точно также составляет равенства: композиционные и соразмерные [1].

Гармония — это равенство или соразмерность частей и одной части с целым. Понятие математической гармонии тесно связано с понятиями пропорции и симметрии. В архитектуре гармония придает зданию соразмерность, вписывает его в пространство вокруг и делает сооружение эстетичным и приятным внешне [6].

Симметрия - вид инвариантности, свойство неизменности при некоторых преобразованиях. Она как объективный признак красоты проходит через всю историю искусств. «Равенство, неравенство, повторение и симметрия, определенные структуры играют в искусстве, как и в математике, фундаментальную роль», - считает физик Гейзенберг.

Все вышеперечисленные понятия были тесно связаны с архитектурой с древних времён. Например, такие архитекторы, как Палладио и Виньола разработали собственные системы построения ордеров, основанные на трактате Витрувия «Десять книг об архитектуре» [2].

Архитекторы используют ордер не только как конструктивную систему, но и как декоративный элемент, часто в значительной степени стилизуя его.

Все ордера рассчитываются по своим формулам и имеют математическую базу, от которой отталкивается всё построение.

Каждый ордер пропорционален диаметру колонны, который взят за основу в определении размеров других элементов – модулю [3].

Как пример, мы возьмём дорический ордер и рассчитаем его высоту. Высота колонны принимается равной $7\frac{1}{2}$ - 8 диаметров основания колонны, или 15 - 16 модулей, архитрав равен по высоте 1 модуль., фриз $1\frac{1}{2}$ м., карниз почти $1\frac{1}{4}$ модуля. Общая высота полного ордера равна 24 модуля [4].



Рисунок 1 - Ордера

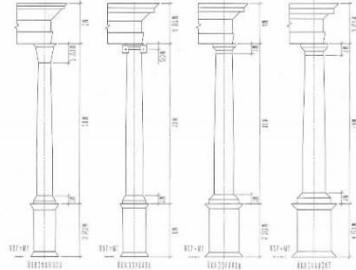


Рисунок 2 - Схема построения ордера

В период средневековья в архитектуре стал популярен готический стиль. Готической архитектуре свойственны различные геометрические формы, также в готике активно применялись такие декоративно-архитектурные элементы, как: нервюры, розетки, аркбутаны, пинакли, некоторые из которых служили не только украшениями, но и укрепляли каркас здания [5].



Рисунок 3 - Аркбутаны

Поскольку для готической архитектуры характерны тонкие стены, их подкрепляют изящными подпорами, так называемыми контрфорсами. Контрфорсы - дополнительная опора, принимающая на себя тяжесть перекрытия; вертикальный устой внутри или снаружи здания.

На контрфорсы устанавливали пинакли, что поддерживало традицию «стремления к небу» у готической архитектуры, а с помощью изящных аркбутанов, контрфорсы соединяли с самим зданием. С помощью контрфорсов средневековые зодчие получили возможность возводить более высокие сооружения и добавить больше света внутрь здания при помощи большого количества окон (рисунок 4).

Предельное расстояние между контрфорсами

$$L = 2H$$

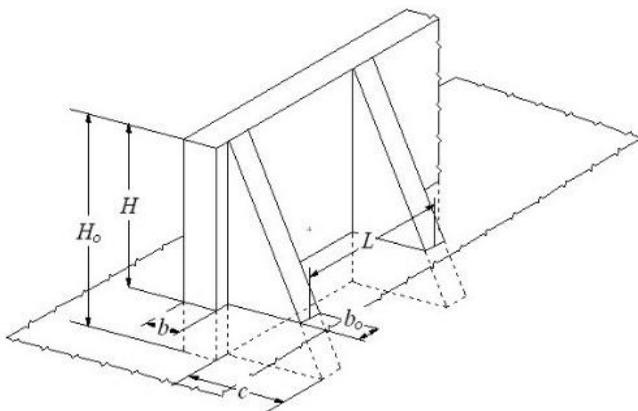


Рисунок 4 - Схема подпорных стен с контрфорсами

где L – расстояние между контрфорсами, H – высота стены от поверхности земли до верха.

В итоге можно сделать вывод, что декоративно-архитектурные элементы несут в себе эстетическую функцию, помогая архитекторам подчеркнуть стиль здания, делают его неповторимым, и практические, защищая здание от разрушения. Грамотно соединив красоту и математику, зодчие создают сооружения, которыми восхищаются не одно столетие и по сей день.

Библиографический список

1. *Бабич В. Н.* Теория пропорций в архитектуре.
2. *Витрувий.* Десять книг об архитектуре. М.: Академия архитектуры.
3. *Виньола.* Правила пяти ордоров. М.: Академия архитектуры. 1940.
4. *Палладио.* Четыре книги об архитектуре. М.: Академия архитектуры. 1936.
5. *Габрус Т.В.* Сага о контрфорсах. «РусАрх»: 2008 г.
6. *Шестаков В.П.* Гармония как эстетическая категория. Москва. 1973.

*Сухорукова М. С., Сазонова А. П., студентки 1 курса 52 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. С.В. Ерохин*

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ГАРМОНИЗАЦИЯ В АРХИТЕКТУРЕ РОССИИ

Целью данной статьи является исследование математических методов геометрической гармонизации, которые использовались русскими архитекторами. В работе изучены математические особенности двух методов гармонизации: классического и древнерусского. Описаны композиционные особенности и математические закономерности, выявленные в примерах русского зодчества, объяснена их красота и целостность с точки зрения пропорций и геометрии.

Гармонизация в архитектуре подразумевает достижение единства, согласованности и соразмерности между различными частями здания. Она включает в себя сочетание форм и пропорций для создания устойчивой конструкции и эстетически приятной для восприятия зрителя архитектурной композиции.

Прежде всего, геометрическая гармония в архитектуре имеет древние корни, пропорции в античной архитектуре играли важную роль и были тесно связаны с философскими идеями о гармонии. Согласно изречению великого философа Платона: «Невозможно, чтобы две вещи объединялись красивым видом без третьего. Так как между ними должна возникнуть связь, которая их объединит.» Эта мысль выражается в таком математическом выражении:

$$\frac{a}{b} = \frac{b}{c} \quad (1)$$

где b - средняя пропорциональная величина, которая требуется для гармонизации композиции [1].

Частным случаем вышеуказанной пропорции является золотое сечение. Золотое сечение возникает, при разделении отрезка на две неравные между собой части таким образом, что отношение длины всего отрезка к большей из двух частей равно отношению большей части к меньшей [2]. Для достижения созвучия в архитектурном произведении важно, чтобы все его части были математически связаны друг с другом и с целым. Данная взаимосвязь может быть выражена через формулу, где все элементы имеют равные отношения между собой:

$$\frac{a}{a_1} = \frac{a_1}{a_2} = \frac{a_2}{a_3} = \frac{a_3}{a_4} = \dots = p \quad (2)$$

Это приводит к образованию геометрической прогрессии, где каждая последующая часть равна предыдущей, умноженной на определенный коэффициент.

$$a, a_1, a_2, \dots, a_n, \dots (a_n = q^n a, q = \frac{1}{p}) \quad (3)$$

Важно отметить, что сумма двух соседних элементов в ряду равна следующему за ним элементу. Это свойство Золотого сечения называется аддитивным. Отражение принципа Золотого сечения можно увидеть в соборе Покрова Пресвятой Богородицы. Математическая закономерность композиции храма определена рядом золотого сечения, где первый член - высота храма: $1, a, a^2, a^3, a^4, a^5, a^6, a^7$ [3].

Некоторые размеры закономерно повторяются в строении храма, и все части объединяются в единое целое, создавая гармоничный вид, благодаря аддитивному свойству:

$$a + a^2 = 1 \quad (4)$$

$$a^3 + a^4 = a^2 \quad (5)$$

Помимо классических методов геометрической гармонизации, в архитектуре России можно проследить собственный пропорциональный строй, который основан на древнерусской системе мер. Единицей измерений, которой пользовались зодчие, была сажень.



а



б

Рисунок 1 - Примеры геометрической гармонизации в архитектуре России:

а) Собор Покрова Пресвятой Богородицы;

б) Храм Вознесения в Коломенском

Зачастую измерение одного и того же здания велось сажнями нескольких видов [3]. Это объясняется тем, что их длины находятся в геометрической связи. Так тмутараканская сажень ($T=143$ см), равная двойному шагу или расстоянию от земли до плеч, относится к косой сажени ($K=201$ см) как сторона квадрата к его диагонали. Кроме того, существует сажень мерная, выражающая рост человека ($M=176$ см) [4]. Рассмотрим храм

Вознесения в Коломенском, основываясь на анализе геометрии и пропорций храма, проделанном Шевелевым [5]. В основе плана здания лежит квадрат, сторона которого равна 10 Т, Описанная вокруг него окружность ($R = 5 К$) определяет расположение двенадцати внешних углов церкви. Ширина выступающих из основного квадрата пристроек, равна 5 Т. Композиция храма по традиции древнерусского храмового зодчества представляет собой восьмерик на четверике, где первый ярус объема - куб со стороной 10 Т, усложненный выступами (притворами). В сумме с подклетом высота нижнего уровня составляет 10 К, то есть диагонали квадрата основания. За ним идет восьмерик, вписанный в куб с ребром 9 Т. Завершает композицию восьмигранный шатер, высота которого 9 К. Стоит отметить, что композиция храма в Коломенском определена парой основных отношений. Помимо пропорции, выходящей из квадрата основания:

$$\frac{T}{K} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (6)$$

существует следующая закономерность, отражающая золотое сечение:

$$\frac{M}{2T} = \frac{\sqrt{5}-1}{2} \quad (7)$$

Она многократно выражается в высотных отношениях храма, а также связана с соразмерностью креста.

В заключение следует отметить, что использование математики имеет важное значение в архитектуре России, так как она необходима для создания зданий, которые приятны взгляду, благодаря своей выдающейся композиции.

Применение закона золотого сечения и других геометрических принципов позволяет архитекторам достигать баланса в своих творениях, что способствует формированию гармоничного облика сооружений.

Таким образом, использование зодчими геометрической гармонизации в российской архитектуре играло значительную роль в создании прекрасных памятников архитектуры, признанных настоящими шедеврами.

Библиографический список

1. Булатов М.С. Геометрическая гармонизация в архитектуре Средней Азии IX-XV веков 1988. 14 с.
2. Шевелев И.Ш., Марутаев М.А., Шмелёв И.П. Золотое сечение. — М.: Стройиздат, 1990. 187 с.
3. Волошинов А.В. 'Математика и искусство' - Москва: Просвещение, 1992. 206 с.
4. Волков С.А. — «Золотое сечение» в архитектуре 2009. 2 с.
5. Шевелев И.Ш. Принцип пропорции. – М.: Стройиздат, 1986. 167 с.

**Секция
«Инженерная графика и
компьютерное моделирование»**

Агалаков Николай Иванович, студент 1 курса 3 группы ИЦТМС
Пафнатов Артём Станиславович, студент 2 курса 25 группы ИЭУКСН
 Научный руководитель –
 доц., канд. техн. наук **Б.Б. Турутин**

ПРИМЕНЕНИЕ ПО «Blender» ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ

По своей сути ПО «Blender» – это мощный и популярный инструмент для создания цифровых информационных моделей объектов в различных областях [1]. Это бесплатное и открытое программное обеспечение с открытым исходным кодом, которое предоставляет широкие возможности для трёхмерного моделирования, анимации, текстурирования, рендеринга, и многого другого [2].

Важно отметить, что Blender также является платформой для разработки аддонов, которые расширяют его возможности и делают его ещё более универсальным инструментом [3, 4].

В данной статье мы рассмотрим применение программы Blender и его аддонов для формирования цифровых информационных моделей объектов. Пример отображения цифровой информационной модели представлен на рисунке 1.

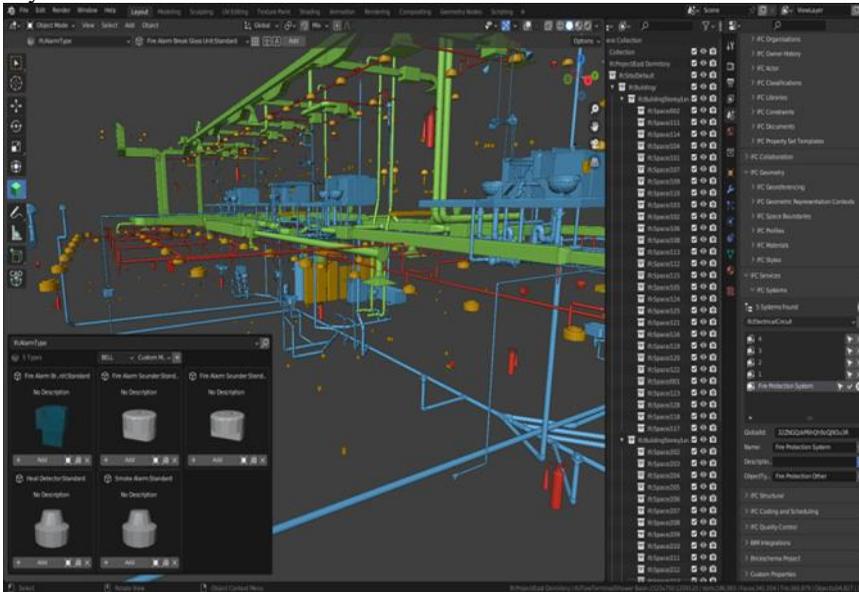


Рисунок 1 – Представление цифровой информационной модели с использованием BlenderBIM

BlenderBIM – это аддон, который предоставляет возможности для работы с информационным моделированием зданий.

Он добавляет в Blender инструменты для работы с BIM-моделями, что делает Blender сильным инструментом для архитекторов, инженеров и дизайнеров, работающих в области строительства и проектирования зданий.

Рассмотрим некоторые из основных функций и возможностей BlenderBIM:

Импорт и экспорт форматов BIM: BlenderBIM поддерживает импорт и экспорт различных форматов файлов BIM, например IFC, что позволяет обмениваться данными между различными программами для работы с BIM без потери данных

Создание BIM-элементов: позволяет создавать и редактировать BIM-элементы, такие как окна, двери, стены, лестницы и многие другие конструктивные элементы зданий.

В нашем видении ПО «Blender» более перспективен в области градостроительства. Существует несколько аддонов для создания и редактирования зданий, кварталов, городов.

Например, такие как Buildify 1.0, простой аддон в использовании, позволяющий возводить здания в быстрых условиях. Пример представлен на рисунке 2. С помощью аддонов Real tress и Real grass можно создавать парковые зоны.



Рисунок 2 - Представление цифровой информационной модели с использованием

Аддон City Builder 3D позволяет расширить возможности для возведения целых городских кварталов и небольших городов, используя различные

параметры, такие как ширину и длину улиц, виды зданий, плотность застройки и другие. Так же возможно автоматически размещать здания на улицах, значительно упрощая процесс создания городской застройки.

Рациональнее использовать несколько аддонов Blender для строительства. Это позволит ещё сильнее расширить возможности программы. Возьмём, к примеру, вышеупомянутый аддон BlenderBIM. С его помощью мы построим цифровую модель планируемого района.

Затем, подключив, аддон Blender GIS. Мы сможем использовать это дополнение, которое использует спутниковые данные для воссоздания городов и окружающей его среды на нашей планете.

Совместив эти два аддона, мы получим визуализацию нашего района на возможном месте строительства.

Так же эффективно применять ПО «Blender» для благоустройства парков, в связи с отсутствием специализированных программ.

По нашему мнению, для проектирования отдельной цифровой модели здания эффективнее использовать более специализированные программы. ПО «Blender» перспективнее и рациональнее использовать для создания визуализации интерьера помещений, кварталов, парков, городов. Это поможет лучше представлять результат больших проектов.

Библиографический список

1. URL: <https://www.blender.org/> (дата обращения: 18.02.2024).
2. URL: <https://artisticrender.com/top-architecture-add-ons-for-blender/> (дата обращения: 18.02.2024).
3. URL: <https://www.pixcores.com/2023/04/best-blender-building-packs> (дата обращения: 18.02.2024).
4. URL: <https://inspirationtuts.com/top-41-free-addons-for-blender-limited-time/> (дата обращения: 18.02.2024).

Балабанов Александр Владимирович, студент 2 курса 17 группы ИИЭСМ
Ерохина Мария Олеговна, студентка 1 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук **Б.Б. Турутин**

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Введение

В строительстве все шире применяется автоматизация жилищной инспекции. Использование автоматизированного процесса инспекции позволяет проводить проверки дома, не находясь на фактической строительной площадке.

Например, такие автоматизированные технологии, как беспилотники, лазерные сканеры улучшают традиционные методы проверки, зависящие от человека.

Материалы и методы

В данной работе использовались следующие исходные материалы: 1. Цифровая информационная модель объекта в формате облака точек представлена на рисунке 1.

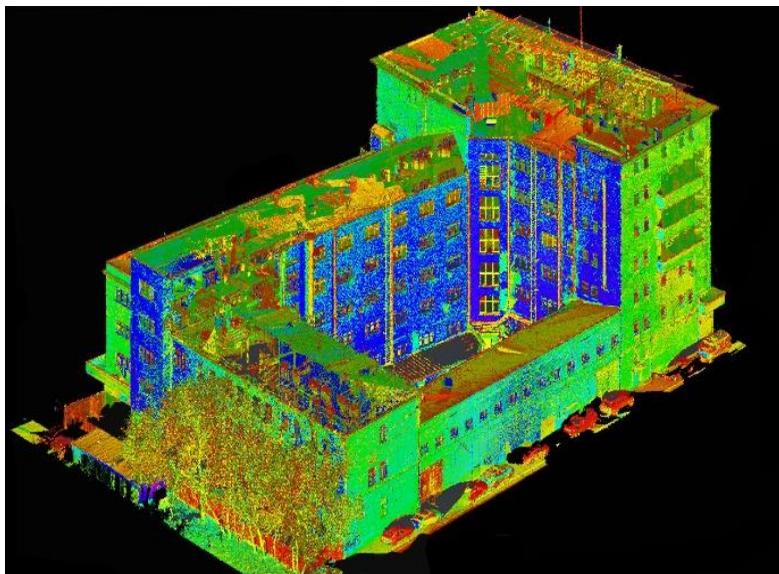


Рисунок 2 – Цифровая информационная модель объекта
в формате облака точек

2. Цифровая информационная модель объекта, построенная в программном обеспечении показана на рисунке 2.



Рисунок 3 - Цифровая информационная модель объекта построенная в программном обеспечении

3. Пример представления объекта строительства в программе Autodesk Rescap представлен на рисунке 3.

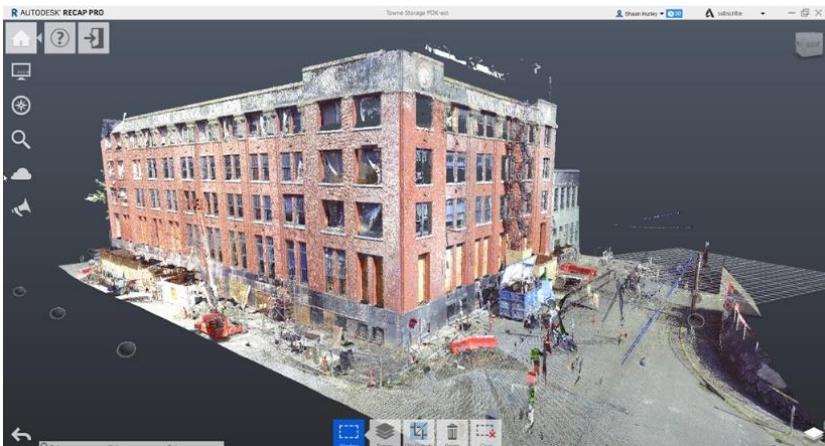


Рисунок 4 – Представление объекта строительства в программе

Результаты исследования

Основные цели контроля строительных работ включают:

1. Оценку соответствия геометрии здания проектной документации.
2. Составление 2D чертежей.
3. Формирование и корректировка информационной модели.

Для обработки результатов лазерного сканирования при возведении строительного объекта использовалась программа AutoCADRescap. Процесс обработки включал:

1. Автоматическую фильтрацию цифрового шума в облаках точек путем отсекания точек вне модели.
2. Создание сегмента плоских исполнительных чертежей с использованием функций AutoCAD Rescap.
3. Создание карты геометрических отклонений, которая представляет собой 3D модель, раскрашенную в различные цвета в зависимости от степени отклонения. Пример отображения геометрических отклонений показан на рисунке 4. Это позволяет визуально оценить соответствие проектной и фактической геометрии и составить метки с величиной отклонения или изображением участка на сканируемых зонах. Возможность анализировать отклонения дает значительное преимущество в скорости и качестве выполнения проектных работ.

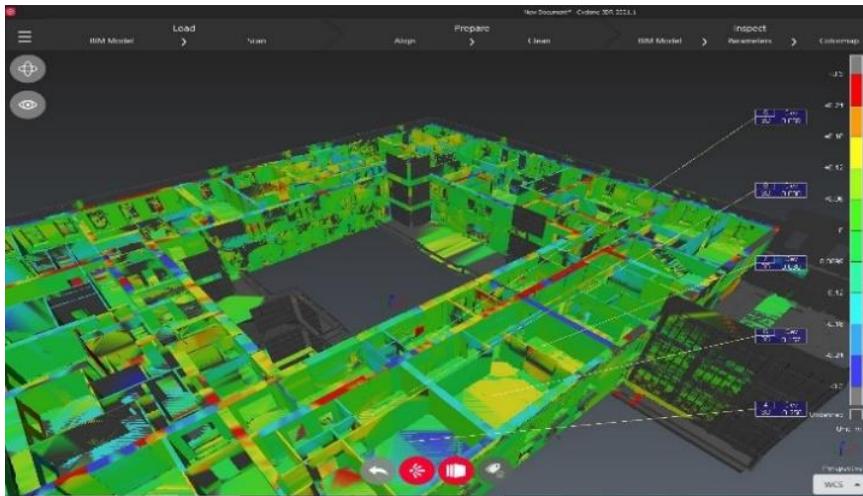


Рисунок 4 – Карта геометрических отклонений

4. Внесение поправок в проектную модель. При выявлении расхождений с фактической геометрией элементы проектной модели могут быть

перемещены в истинное положение с помощью функции «Регистрация наилучшего приближения»

Заключение

В результате обработки облака точек и корректировки исполнительской модели, выполненной в процессе строительных работ, специалисты, осуществляющие функцию технического заказчика, получили необходимую информацию о ходе работ.

Это позволило оптимизировать объемы отделочных работ на строительных объектах в соответствии с особыми требованиями заказчика. связи с особыми проектными решениями, связанными с поставленной задачей заказчика.

Библиографический список

1. *Алтынцев М.А., Чернов А.В.* Применение технологии лазерного сканирования для моделирования объектов недвижимости в 3D-кадастре // Геодезия и картография. 2018. № 9. С. 52-63.
2. *Балашов А.С.* Принципы работы 3D-сканера. Виды сканеров, технологии и методы сканирования. URL: <https://cvetmir3d.ru/blog/poleznoe/printsipy-raboty-3d-skanera-vidy-skanerov-tehnologii-i-metody-skanirovaniya/#title-dop2> full_text.
3. *Головина Е.С., Ласкин А.С., Никифоров М.В., Машковцев Е.А., Буланов П.А.* Применение технологии лазерного сканирования на объектах капитального строительства // Нефтяное хозяйство. 2019. № 11. С. 43-45. DOI: 10.24887/0028-2448-2019. С. 43 - 45.
4. *Егорова В.* Как с помощью лазерного 3D-сканирования сократить риски при строительстве и реконструкции зданий и объектов. URL: https://digital-build.ru/kak-s-pomoshhyu-lazernogo-3d-skanirovaniya-sokratit-riski-pri-stroitelstve-i-rekonstrukcii/full_text.
5. *Коргин А.В.* Научно-методологические основы и информационная технология автоматизации инженерных исследований при реконструкции сооружений: дисс. д-р. техн. наук. Москва, 2005. 329 с.
6. *Орлова Я.А.* Лазерное сканирование в строительстве как часть BIM-технологий // COLLOQUIUM-JOURNAL. 2019. № 18-3 (42). С. 19-20.
7. *Пархоменко Д.В., Пархоменко И.В.* Лазерное сканирование в государственном кадастре недвижимости: технологические и правовые аспекты // Вестник СГУГиТ. 2016. № 1 (33). С. 114 - 124.

Басенко Иван Евгеньевич, студент 1 курса 1 группы ИЦТМС
Губейдуллина Динара Рустамовна, студентка 2 курса 13 группы ИГЭС
Научный руководитель –
преподаватель С.Д. Казаков

АНАЛИЗ НАПОЛНЕНИЯ АТРИБУТАМИ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Создание цифровых информационных моделей (далее может быть сокращение ЦИМ) трудоёмкий процесс, который занимает огромное количество времени у работников отдела проектной документации. Мы решили проверить на практике сколько времени занимает задание атрибутов в программе Revit, проведя пять экспериментов. Соответственно нам пришлось провести исследование на готовой ЦИМ, где мы изменяли данные атрибуты и фиксировали количество потраченного времени по методу GOMS.

Для начала необходимо объяснить, что из себя представляет программное обеспечение, которое мы использовали – в нашем случае это был Revit. А также, что такое метод оценки GOMS. Кроме того, поподробнее объясним, что из себя представляет понятие, взятое нами за атрибут в данном ПО.

Метод GOMS – это методика, разработанная Кардом, Мораном и Ньюэллом в 80-х, применяемая для оценки времени выполнения определённой задачи пользователем в данной программе. Подход позволяет смоделировать необходимый процесс выполнения и оценить качество интерфейса, где главным критерием оценки будет время проведения этой операции. GOMS – Goals, Operators, Methods and Selection Rules, т.е. цели, операторы, методы и правила выбора. В подсчёте участвует выполнение каждого конкретного действия человека, который пользуется интерфейсом. Время выполнения уже подобрано в рамках метода, остаётся лишь составить путь полного выполнения определённого действия пользователем.

Revit – программное обеспечение, позволяющие проектировать информационные модели зданий. При том, процесс создания данных объектов частично автоматизирован. Является частью большой отрасли под названием BIM (Building Information Modeling) моделирование. В данном пакете предоставлены возможности для трёхмерной работы с элементами здания, а также совместной работы над проектом. Все данные в модели имеют динамическую связь друг с другом. Это позволяет вносить изменения таким образом, чтобы избегались коллизии и другие дефекты. Также ПО может применяться для проектирования, в котором есть определённые прописанные цели и ограничения (генеративное проектирование). Все данные такого проекта сохраняются в одном файле. Кроме того, программа

позволяется автоматически создавать необходимые в проекте здания спецификации.

Атрибуты в программном пакете Revit. У всех объектов есть набор метаданных, которые характеризуют их тип и однозначно определяют их. Также, каждый элемент, существующий в проекте, имеет определенные свойства или характеристики, необходимые для определения его геометрии. Мы заполняли поля, служащие для идентификации данного элемента.

Проведенный анализ цифровой информационной модели показал, что каждый элемент находящийся в проекте, имеет определенный набор атрибутов или характеристик, позволяющих обеспечить полноту информации, время заполнения которых зависит от количества необходимых характеристик, идентифицирующих наш элемент. К примеру, у элемента «окно» могут быть следующие характеристики, которые однозначно идентифицируют его (рисунок 1), это: наименование, габариты проема и изделия; тип и материал профиля блока; наличие светопрозрачного заполнения, тип открывания створок, материал заполнения, классы изделия по ГОСТ 23166; код ссылка на документацию (гиперссылка).

Свойства типа

Семейство: АС_Окно_1Створка Загрузить...

Тип: 1080x2100 2 Копировать...

Переименовать...

Параметры типа

Параметр	Значение
Строительство	
Створка 01<Окна>	АС-Створка : Открытие лево
Замыкание стены	По основе
Тип конструкций	
Материалы и отделка	
Подоконник	ADSK_Полимеры_Поливинилхлорид_(ПВХ) белый
Стекло	ADSK_Стекло_Прозрачное бесцветное
Рама	ADSK_Полимеры_Поливинилхлорид_(ПВХ) белый
Отлив	ADSK_Металл_Сталь оцинкованная
Размеры	
Примерная ширина	1040,000
Примерная высота	2100,000
Высота подоконника по умолчанию	800,000
Свойства аналитической модели	
Аналитическая конструкция	<Нет>
Определить тепловые свойства по	Тип схем
Пропускание видимого света	
Коэффициент теплопритока от солнечного излучения	
Термостойкость	

[Какова функция данных свойств?](#)

<< Просмотр OK Отмена Применить

Рисунок 1 – Атрибуты (характеристики) элемента «окно»

Время заполнения занимает каждого атрибута для данного элемента по методу GOMS занимает 4 секунды, из которых 0,4 секунды – перенос руки на мышь, 0,2 секунды – нажатие клавиши клавиатуры, 1,5 секунда – перемещение курсора к позиции на экране, 1,35 секунд на осмысление полученной информации.

При выборе другого элемента, существующего в модели, его атрибуты (характеристики и свойства, идентифицирующие элемент) изменяются. (рисунок 2). Следовательно, изменяется и время, затраченное на изменение атрибутов. К примеру, у элемента «перегородка» имеются следующие характеристики: наименование, толщина, состав сечения и каркас, приведенное сопротивление теплопередаче (для утепленных перегородок), тип отделки, предел огнестойкости, материал. Время заполнения занимает каждого атрибута для данного элемента по методу GOMS занимает 4 секунды, из которых 0,4 секунды – перенос руки на мышь, 0,2 секунды – нажатие клавиши клавиатуры, 1,5 секунда – перемещение курсора к позиции на экране, 1,35 секунд на осмысление полученной информации.

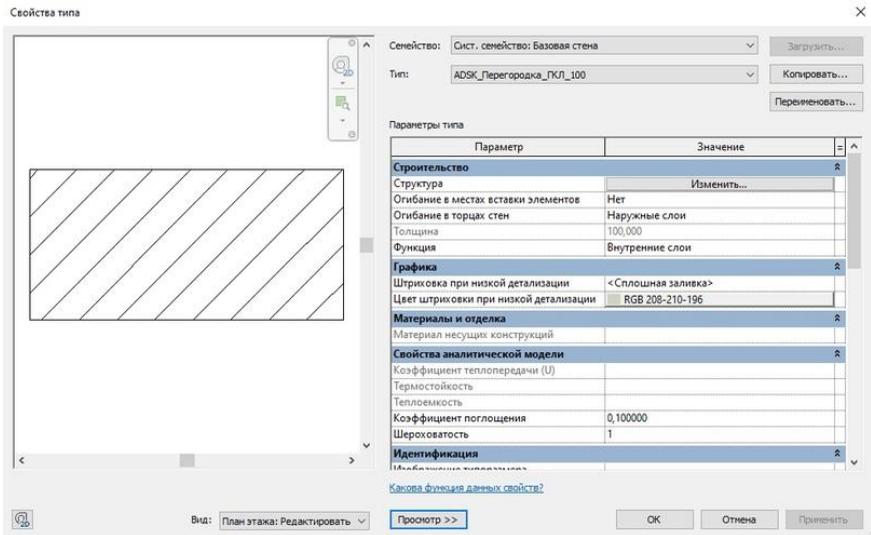


Рисунок 2 – Атрибуты (характеристики) элемента «перегородка»

В результате проведенных нами исследований атрибутов элементов, существующих в цифровой информационной модели, установлено, что для выбора атрибутов того или иного элемента затрачивается небольшое количество времени, при учете, что заполнение характеристик элемента не происходит вручную, а программа большую часть позволяет выбрать и заполнять в кратчайшие сроки.

Однако следует заметить, что время, затраченное на заполнение характеристик элемента, зависит также и от количества атрибутов, предоставленных для идентификации того или иного элемента. Чем больше атрибутов в унификации элемента, тем больше времени необходимо для его заполнения.

Также следует заметить, что проведенный нами анализ наполнения атрибутами цифровой информационной модели позволяет убедиться в том, что модель содержит всю необходимую информацию об объекте или процессе, а также проверить целостность и актуальность информации. Данный анализ включает в себя проверку наличия и корректности заполнения атрибутов, оптимизацию атрибутов по объему и формату данных, поддержку атрибутов в актуальном состоянии и обеспечение контроля доступа к атрибутам.

Этот этап является очень важным в разработке цифровой информационной модели, так как позволяет убедиться в полноте предоставляемой информации. Без должного заполнения характеристик элементов модель может оказаться неполной, содержать ошибки, что может отрицательно сказаться на эффективности качестве работы с моделью.

Библиографический список

1. Скорость и организация работ с моделями в Autodesk Revit [Электронный ресурс]. URL: <https://futurebim.net/en/articles/library/156-organizatsiya-raboty-s-modelyami-v-revit> (дата обращения: 19.02.2024).
2. Autodesk Revit – что за программа для проектирования, САПР [Электронный ресурс]. URL: <https://media.contented.ru/glossary/autodesk-revit/> (дата обращения 19.02.2024).
3. Атрибутивная проработка элементов ЦИМ-АР. Сметы. BIM - Википедия [Электронный ресурс]. URL: https://wiki.bim-advice.ru/homepage/attributes_model/model-attributes_ar/ (дата обращения 12.02.2024)
4. GOMS – анализ юзабилити интерфейса [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/512712/> (дата обращения: 19.02.2024).
5. Руководство по информационному моделированию (BIM) для заказчиков на примере промышленных зданий [Электронный ресурс]. URL: https://www.idtsoft.ru/sites/default/files/fields/node/publication/field-files/2019-09/bim_guide_for_owners_%28clients%29_of_industrial_facilities_2019-03-18.pdf (дата обращения: 11.02.2024).
6. Экспертиза BIM – проектов с использованием среды общих данных. Часть 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://ardexpert.ru/article/25845> (дата обращения: 19.02.2024).
7. BIM – стандарт. Промышленные объекты. BIM – стандарт и набор сопутствующих практических шаблонов для проектных организаций и служб технического заказчика, применяющих в своих рабочих процессах технологию BIM. [Электронный ресурс]. URL: <https://infrabim.csd.ru/upload/news/bim-standart-promyshlennye-objekty.pdf> (дата обращения: 19.02.2024).

Болотов Андрей Михайлович, студент 1 курса 23 группы ИЭСМ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук **А.В. Иващенко**

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕКЦИИ ЧЕТЫРЕХМЕРНОГО ГИПЕРОКТАЭДРА В NANOCAD

«Изучение многомерного пространства начинается с 40-х годов XIX и носит отвлеченный характер..., не затрагивая изображения на чертежах объектов такого пространства» [1]. Но уже в начале 20 века такая задача была поставлена, и были разработаны соответствующие методы ее решения.

Четырехмерное геометрическое пространство является абстракцией, но вполне возможно представить себе трехмерные проекции или сечения четырехмерных объектов. Если мы просто отбросим одну из четырех четырехмерных координат, то результате получается проекция на трехмерную гиперплоскость. Если мы приравняем четвертую координату нулю, и решим систему уравнений, определяющих гиперплоскость и соответствующий четырехмерный объект, то получим сечение этого объекта трехмерной гиперплоскостью.

Несмотря на разработанные методики и алгоритмы построения проекций и сечений объектов и четырехмерных объектов четырехмерного пространства (точки, отрезки, прямые, кривые линии, многоугольники, криволинейные фигуры, многогранники, поверхности, гипермногогранники, гиперповерхности), на практике задача получения изображений становится слишком трудоемкой. И только с появлением компьютерных средств (компьютеров и компьютерных программ) появилась возможность достаточно быстро и эффективно получать эти изображения, а также анимировать их, что позволило более наглядно представлять движения и вращения в многомерном пространстве.

В этой статье рассмотрим моделирования правильного гипероктаэдра – аналога октаэдра трехмерном пространстве, и построение модели его трехмерной проекции в программе NanoCAD. Как известно, "правильные многогранники более многочисленны в малых размерностях, чем в больших" [2]. Аналоги октаэдра, наряду с аналогами тетраэдра и аналогами куба, существуют во всех пространствах любой размерности. В одномерном пространстве это отрезок, в двумерном – квадрат, в трехмерном – октаэдр (восьмигранник), а в четырехмерном – так называемый 16-ячеечник, названный так потому, что его границей являются трехмерные тетраэдры. Важно понимать, что сам четырехмерный объект мы изобразить не сможем, а 16 пространственных отсеков или ячеек, как их называют, являются границей подобно тому, как границей куба (его поверхностью) являются 6 квадратов, отделяющих внутренность куба от внешнего пространства. Этот гипероктаэдр двойственен гиперкубу, это значит, что ему соответствует

гиперкуб, у которого вершины расположены в центрах тетраэдров-отсеков, и центры кубов-отсеков гиперкуба соответствуют вершинам гипероктаэдра. Этот же принцип двойственности наблюдается и в трехмерных октаэдре и кубе, и в двумерных квадратах (квадрат в двумерном пространстве является одновременно как аналогом куба, так и аналогом октаэдра).

Будем моделировать центральную проекцию гипероктаэдра, как наиболее удобную для демонстрации топологической структуры гипермногогранника (т.е. взаимосвязей между вершинами, ребрами, гранями и отсеками-ячейками). Кроме того, центральная трехмерная проекция позволяет представить наиболее симметричную проекцию симметричного четырехмерного объекта при подходящем выборе центра проекции относительно проецируемого объекта.

Будем изображать реберную модель трехмерной центральной проекции гипероктаэдра как наиболее просто реализующуюся. Надо отметить, что в четырехмерном гипероктаэдре, как во всех аналогах октаэдра пространств других размерностей, любая его вершина соединена с любой другой, кроме противоположной. У гипероктаэдра 8 вершин, 24 ребра, 32 двумерные треугольные грани и 16 гиперграней, т.е. пространственных тетраэдрических отсеков. Можно заметить проявление двойственности гиперкуба и гипероктаэдра в том, что количество вершин одного политопа соответствует количеству гиперграней другого, такое же соответствие можно увидеть между количеством двумерных граней одного и ребер другого. Четырехмерные координаты вершин единичного гипероктаэдра (т.е. вписанного в гиперсферу единичного радиуса) легко вычисляются – это такие комбинации четверок чисел, три из которых равны нулю, а одна либо 1 либо -1 (такую же закономерность можно увидеть на координатах вершин аналогов октаэдра в пространстве любой размерности). Итак, после получения координат вершин, нужно получить топологическую структуру, т.е. определить ребра, связывающие вершины. Это можно достигнуть простым перебором тех пар вершин, у которых по какой-либо координате нет одновременно значений 1 и -1. В результате из всех возможных пар комбинаций вершин нужно отбросить всего четыре.

Далее для получения трехмерной проекции нужно задаться центром проецирования (точкой четырехмерного пространства) и гиперплоскостью проекций (в нашем случае это обычное наше трехмерное пространство). При этом нужно постараться так выбрать точку центра, чтобы проекции вершин не уходили слишком далеко или в бесконечность, потому что такие случаи тоже могут встретиться [3]. Иными словами, точка центра не должна быть вблизи гипермногогранника. При наиболее симметричной трехмерной проекции результат будет представлять собой два правильных тетраэдра разного размера с общим центром с параллельными гранями, соединенные таким образом, что вершина одного соединяется с тремя вершинами одной грани другого. При таком варианте только форма двух тетраэдров из 16 не искажается (искажаются только размеры), а форма остальных искажается

весьма существенно, но в целом проекция будет симметричной. Программу моделирования этой реберной трехмерной проекции гипероктаэдра написали на языке программирования Lisp, встроенном в систему NanoCAD. В качестве варьируемого параметра указывались соотношение размеров ребер внешнего и внутреннего тетраэдров трехмерной проекции гипероктаэдра. Вершины представлялись сферами, и ребра – отрезками (рисунок 1).

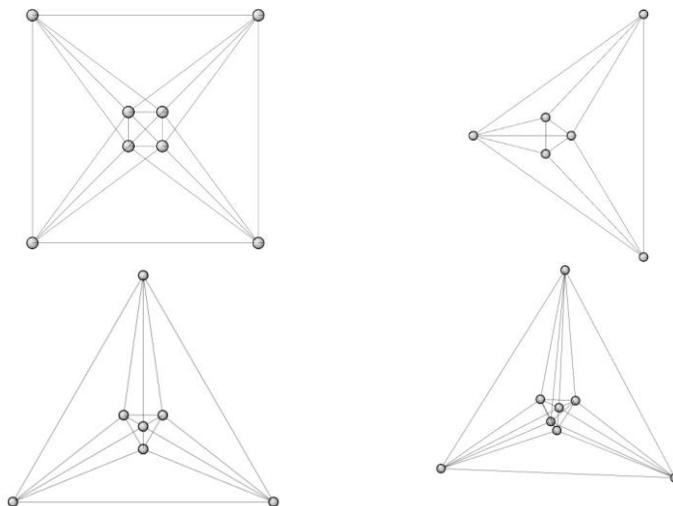


Рисунок 1 - Модели трехмерной проекции гипероктаэдра в различных трехмерных ракурсах

Построенная модель позволяет получить представление о трехмерной проекции гипероктаэдра, хоть и не дает полного понятия о "глубине" изображения, но в движении (применяя инструмент "зависимая орбита") можно получить более лучшее впечатление.

Библиографический список

1. *Филиппов П.В.* Начертательная геометрия многомерного пространства и её приложения. – М.: URSS, – 2016. 282 с.
2. *Берже М.* Геометрия, М.: Мир. – 1984.
3. *Д. Гильберт, С. Кон-Фоссен.* Наглядная геометрия, М.: URSS – 2020. 184с.
4. [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гипероктаэдр> (дата обращения: 18.02.2024).

Варламова Алиса Сергеевна, студентка 1 курса 41 группы ИАГ
Иванова Мария Сергеевна, студентка 1 курса 41 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. пед. наук, доц. **Т.Ф. Турутина**

ФАНТАЗИЙНАЯ АРХИТЕКТУРА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

На протяжении веков архитекторы и инженеры создавали проекты, которые было невозможно реализовать. В них они свободно воплощали фантазийные образы, не ограничивая себя отсутствием технологий и законами физики. Со временем такие проекты стали относить к отдельному жанру архитектуры – фантазийному. Его главными чертами было создание концептуальных образов невозможных для реализации в материальном мире, но эмоционально влияющих на человека. Впервые фантазийная архитектура появляется с развитием направления «Бумажная архитектура». «Бумажная архитектура» — искусство утопии, отражая безграничную фантазию авторов, передавая настроение того или иного времени. Фантазии, сочетавшие утопические идеи и находки изобразительного языка, затронули практически все жанры и направления в искусстве: авангардизм, экспрессионизм, функционализм, конструктивизм. Осознание творцами фантастической архитектуры приводит к созданию новых жанров живописи и графики. Важно отметить, что такие жанры отличаются тем, что существуют в рамках не только изобразительного искусства, но и архитектуры. Архитекторы, создавая образы предполагаемого будущего или «воображаемого» прошлого, демонстрируют сложность и витиеватость пространственного мышления, выход за рамки возможного [3]. Множество проектов будущего были слишком фантастическими для реализации, например, «Горизонтальные небоскрёбы» Эль Лисицкий (рисунок 1) или «Летающий город» Георгий Крукинов.



Рисунок 1 – «Горизонтальные небоскрёбы» Эль Лисицкий

Как и в бумажной архитектуре одной из черт является стремление к созданию утопии, к созданию завершённого совершенства или наоборот к

созданию абсолютно дисгармоничной антиутопии, что в свою очередь подтверждает существование первого.

Одним из наиболее важных паттернов является образ Храма Дворца. Показательный пример - проект «Дворец Советов» советского зодчего Б.М. Иофан, ярко выражающий архитектуру утопической идеи, а также монументальность. Путь от создания проекта до его реализации очень сложный и долгий, поэтому начинающие архитекторы занимались фантазийной архитектурой, что позволяло отбросить все ограничения. В 80-е годы советские архитекторы отправляли свои проекты на международные конкурсы и выигрывали их, при этом оставаясь неизвестными у себя на родине. В 1984 году в Москве прошла выставка «бумажной архитектуры», на которой было представлено более 500 работ. В таких архитектурных проектах не учитывались правила безопасности людей, их комфорт и удобства, потому что такая архитектура была создана не для реализации, она не была функциональной [4]. Ее главной миссией являлась передача образа и задумки автора, а расчётами, правилами и законами физики можно было пренебречь.

В нашем современном мире появилась благоприятная возможность реализации фантазийных архитектурных проектов. Благодаря широкому распространению компьютерной графики, мы можем встретить необычайные города и здания в кино, играх. Архитектура является неотъемлемой частью жизни каждого, формируя действительность. Естественно, ни одна история не может быть рассказана без описания окружающей человека среды. Антураж «рисует» с нуля, благодаря чему автор может опустить точную достоверность и подчинение законам физики при создании проекта, в угоду значимых для рассказываемой истории деталей. В новых современных играх разработкой архитектуры городов и домов истории занимаются левел-дизайнеры и художники. Их задачей является не только создать оптимальное для истории игровое пространство, но и соблюсти некоторые правила, относящиеся непосредственно к архитектурным составляющим, благодаря которым игра будет более захватывающей, приятной и понятной игроку. Например, не следует создавать игровую архитектуру, которая не подчинялась бы ни одному закону физики, чтобы игрок продолжал подсознательно верить истории [1]. Также, если мир игры не является открытым, то она должна направлять игрока в нужную для развития сюжета сторону, избегая моментов, когда игрок может попасть «за карту». Элементы уровня должны иметь определённый вес, что может немного сковать авторов при создании невероятно детализированных и больших объектов. Игрок должен суметь прочесть историю, даже если он не обратит внимание на маленькие детали в какой-либо из моментов повествования. Даже несмотря на эти особенности, критериев для создания зданий и городов намного меньше, чем в реальности. Для разработки архитектурных объектов той или иной игры в основном используются игровые движки такие как Unity –

кроссплатформенная среда разработки игр и Unreal Engine [1]. В них игра разрабатывается на всех этапах.

В качестве примера можно привести город Колумбия в игре Bioshock Infinite. Город, парящий в воздухе, невозможен в наше время. Однако архитекторы грезил этой идеей с самого зарождения архитектуры. В игре возможность поднятия города на воздух объясняется открытием нового вещества, которое легче воздуха. Из него делали фундаменты «парящих» зданий. Действия игры происходят в XX веке. Облик города весьма похож на американские города тех лет. Здания стиля, приближенного к классике, широкие улицы и «набережные». Однако если игрок посмотрит вверх, то увидит парящие здания, а если подойдет к ограде «набережной» и посмотрит вниз, то увидит проносящиеся под ним облака. Несмотря на то, что в городе можно заметить и провода, и водонапорные башни, весьма сложно понять, как это было бы реализовано в настоящем мире. Художники и левел-дизайнеры не раскрывают нам решения этих загадок, они оставляют лишь намёк на то, что это существует в игровой вселенной.

Другая ветвь – кино. Здесь тоже используется фантазийная архитектура для передачи особенностей жизни персонажа и невербального повествования истории. Архитектура в кино не предполагает взаимодействия зрителя с ней, в отличие от архитектуры в играх и тем более в реальной жизни. С городами и зданиями в фильмах взаимодействует только персонаж фильма. Соответственно первостепенная задача такой архитектуры – поддерживать образ придуманного мира. Долгое время в кино использовались декорации или же вообще облик городов менялся совсем незначительно. Порой режиссёр менял узор улиц путём смены кадров, создавая из уже имеющегося города новый, порой город играл свою собственную роль в картине. Что касается компьютерной графики - она открыла совершенно новые грани фантазии автора, помогая воплотить самые смелые идеи в жизнь.

Основными программами, используемыми в создании компьютерной графики, являются: After Effects, ZBrush, Cinema 4D, Maya Autodesk и даже Blender, максимально доступный для изучения заинтересованному обывателю.

Фильм «Бегущий по лезвию 2049» интересен для рассмотрения. Для создания города-будущего окружающего героя использовалась не только компьютерная графика. Командой специалистов был создан макет города в человеческий рост.

Архитектурный стиль киберпанка состоит из образа мегаполиса будущего, включающий в себя элементы брутализма, стиль в некой мере основан на антиутопиях. Жилые дома-башни, вечный смог, широкие проспекты для летающих машин, неоновые вывески и разрушенный мир - свалка за чертой города (рисунок 2) – основные элементы стиля [2].

Исходя из этого описания уже можно сказать почему стиль является фантазийным. Дома необычайных размеров, с отсутствием каких-либо

архитектурных украшений, подавляют человека, заставляя его ощущать себя абсолютно незначимым. Из «исторической части» городов остались только пустые магистрали для наземных машин [2]. К счастью, в наше время это до сих пор остаётся фантазией, хотя и всё более и более близкой к реальности.



Рисунок 2 – Кадр из фильма «Бегущий по лезвию 2049»

Стоит отметить, что фантазийная архитектура зачастую включает в себя образ городов-будущего. Летающие города и машины долгое время будоражат умы учёных и архитекторов, вызывая интерес к мыслям о возможном устройстве этого мира и попытке его описания. Но это не единственный паттерн развития фантазийной архитектуры, о чём уже упоминалось ранее.

В век информационных технологий фантазийная архитектура наконец может быть востребована как никогда. Человеку важно мечтать, творец не сможет существовать без фантазий. Сейчас остаётся лишь предполагать новые открытия в научной сфере, которые помогут реализовать фантазийные проекты, которые не предполагали своей реализации ранее. А благодаря компьютерной графике мы впервые смогли погрузиться в миры необычайной архитектуры, проживая в них некоторую жизнь.

Библиографический список

1. *Иероним К., Важенич М., Козлов А.* «Архитектура видеоигровых миров. Уровень пройден!» 2023 г. С. 1-81.
2. *Зеленов М.* «Архитектурный стиль в киберпанке. С запада на восток и обратно». [Электронный ресурс] (дата обращения 16.02.2024). URL: <https://deziign.com/project/ddd6cb65b1524b7f815f093928db6b84>.
3. *Иванов А.О.* Архитектурные фантазии в изобразительном искусстве Возрождения // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. 2017. № 12 (86). С. 64–67.
4. *Маевская М.Е.* Язык архитектурной утопии XXI века // Современная архитектура мира. 2016. № 7. С. 41–61.

Вартанян Эдвард Владимирович, студент 1 курса 2 группы ИПГС
Лобачев Василий Артемович, студент 1 курса 2 группы ИПГС
Научный руководитель –
ст. преподаватель Д.А. Ваванов

АРХИТЕКТУРНЫЙ АНСАМБЛЬ СТАЛИНСКОЙ ВЫСОТКИ НА КОТЕЛЬНИЧЕСКОЙ НАБЕРЕЖНОЙ

Сталинская высотка на Котельнической набережной построена в 1953 году и была первым зданием подобного типа, которое сдали в эксплуатацию. До войны построили боковое крыло вдоль набережной, остальное достроили после.

Архитекторы: Дмитрий Чечулин, Андрей Ростковский, главный инженер Л.М.Гохман. Дом из трех корпусов. В корпусе «Б» - 32 этажа, а в корпусе «А» и в корпусе «В» - от 8 и до 10 этажей [1].

Проект и ход строительства демонстрируют рисунки 1 и 2.



Рисунок 1 - Проект



Рисунок 2 - Строительство

Так как дом располагается на берегу реки, в основании – ползучие грунты, которые очень неустойчивые. По этой причине придуманы фундаменты в виде больших коробов, внутри них помещения технического назначения.

Архитектурный стиль

Дом был построен в характерном для того времени стиле Сталинского ампира [2]. Рядом видим сквер, а на нём фонтаны, клумбы. Для облицовки первых этажей использован розовый гранит (рисунок 4), а для украшения – скульптуры (рисунок 5).

Помещения для жилья

В среднем жилая площадь однокомнатных квартир - 12,6 м², двухкомнатные квартиры – 42,9 м², трехкомнатные – 48,2 м²,

четырёхкомнатные – 82,5 м² и шестикомнатные – 85,8м². Площадь кухонь составляла от 8 до 13 м² (рисунок 3).

Высота жилых этажей от пола до потолка составляла 3,6 метров, что являлось на 40 см выше, чем в других многоквартирных домах, где высота потолков была 3,2 метра.

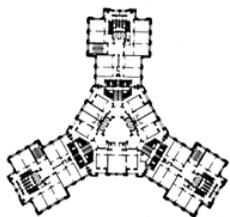


Рисунок 3 – План этажа



Рисунок 4 - Вход



Рисунок 5 - Скульптура

Сравнение высотного здания с доходным домом рубежа 20-го века

Раньше на этом месте находился театр для народа «Скоморох», который позднее закрыли, страховое общество «Россия» выкупило этот дом, а на его месте построило свой.

Архитектором был Н.М. Проскурнин, а помощником – О.В. Дессин (рисунки 6,7).



Рисунок 6 – Снимок 2018 г.

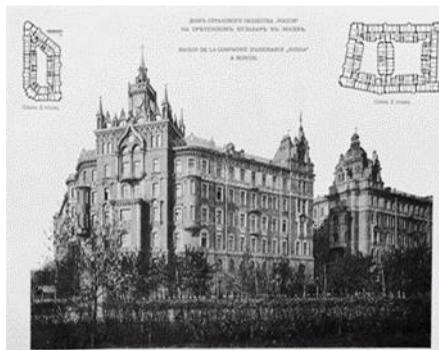


Рисунок 7 – 1913 г.

Ход строительства

Во время строительства этого дома использовались самые передовые технологии того времени. Стены кирпичные, в нижних этажах – толщина в четыре кирпича.

Использовалась особенная система вентиляции, которая могла подавать в помещения свежий воздух, который мог быть увлажнен или подогрет. Для добычи питьевой воды использовалась артезианская скважина, ее глубина доходила до 50 метров.

В доме имелись электрические лифты, это один из первых многоквартирных домов в России, где впервые использовался лифт [3].

Электроснабжение дома осуществляла своя электростанция. Также квартиры были оснащены каминами, которые служат до сих пор.

Квартиры, которые располагались на верхних этажах, были установлены стеклянные потолки, что для дореволюционной России считалось новшеством.

Архитектурный стиль

Доходный дом имеет черты, которые напоминают средневековый замок. Его фасад объединил в себе стили модерна и ренессанса (эkleктика). Цвета фасада хоть и не имеют расширенной цветовой гаммы, их сдержанность подчеркивает монументальность здания (рисунок 8).



Рисунок 8 - Фасад

Планировки помещений

Квартиры в первую очередь предназначались для Российской элиты, поэтому площади квартир варьировались от 200 до 400 м² (рисунок 9).

Квартиры были отделаны в соответствии с вкусами преуспевающих горожан и предлагались в аренду. Комнаты имели собственные камины, а кухни - печи. Каминны до сих пор исправны. Система фильтрации и

увлажнения свежего подаваемого воздуха сыграло важную роль для поднятия комфорта в помещении.

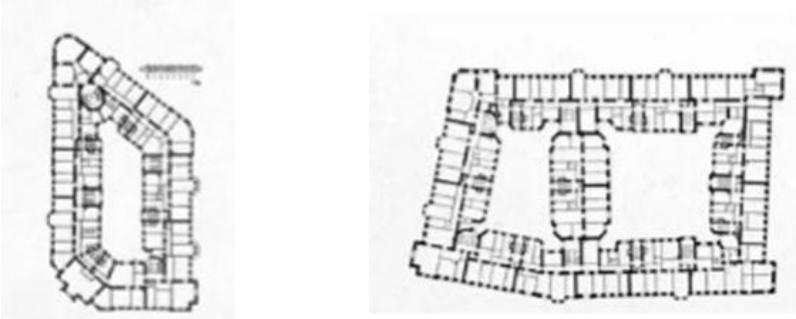


Рисунок 9 – Планы 2-го этажа

Сравнение архитектурного ансамбля Сталинской высотки на Котельнической и доходного дома «Россия»

Сталинская высотка на Котельнической набережной поистине уникальна своей архитектурой и историей, как и дом страхового общества Россия. Они имеют отличительные конструктивные и архитектурные свойства, к примеру если взять доходный дом, то он опередил свое время удобствами, а что касается Сталинской высотки, то она соответствовала всем современным стандартам того времени [4]. Она тоже предназначалась для элиты, но квартиры были гораздо меньше, чем в доходном доме. В высотке применялась обычная вентиляция, которая вытягивала воздух из помещений наружу, но у нее в основании лежит очень надежный фундамент, у которого запас прочности рассчитан на тысячу с лишним лет.

Библиографический список

1. *Рогачев А.В.* Москва. Великие стройки социализма. – М. 2014. – 476 с.
2. *Тугаринова С.Д.* Пространственная планировка Москвы и поиски высотных доминант в архитектурных дискуссиях 1920—1930-х годов // Дом Бурганова. Пространство культуры. - 2016. - № 3. - С. 172-189.
3. *Усанова А.Л.* Советская архитектура и градостроительство 1920–1950-х годов: стратегия жилищного строительства и виды городского жилья // Известия АлтГУ. – 2014. – № 2 (82). С. 205-209.
4. *Усанова А.Л.* «Советский стиль» (к вопросу о сущности понятия в современном искусствознании) // Известия АлтГУ. – 2012. – № 2/1. С. 197-202.

*Васильева Иоанна Эдуардовна, студентка 1 курса 53 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. архитектуры, доц. А.А. Фаткуллина*

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ШЕДЕВРЫ: ИССЛЕДОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ВИТРУВИЯ

Величие и мощь металлических конструкций всегда поражали умы людей, вызывая восхищение своей непревзойденной прочностью и эстетической красотой. Однако, существует ли глубокий смысл за этими великолепными сооружениями? Могут ли они нести в себе определенное сообщение или идеал, который проникает сквозь холодный металл?

В данной статье мы рассмотрим металлические конструкции с точки зрения определения архитектуры Витрувием, где польза, прочность и красота становятся ключевыми понятиями, открывающими нам новый взгляд на этот удивительный мир металла.

Витрувий, древнеримский архитектор и инженер, сформулировал три основных принципа архитектуры: польза, прочность и красота. Применение металла в архитектуре является отличным примером того, как эти принципы могут быть реализованы в современной архитектуре [2].

Использование металлических конструкций в архитектуре несет значительную пользу. Их прочность и долговечность позволяют строить здания любой сложности и высоты, обеспечивая высокую степень адаптивности для создания разнообразных форм и объемов.

Это открывает широкие возможности для архитекторов в осуществлении творческих концепций, которые без использования металла были бы недостижимы [1,3].

Прочность является важным свойством металлических конструкций, обеспечивая их жизнеспособность и безопасность. Металл, как надежный материал для строительства, способен выдерживать значительные нагрузки и экстремальные условия эксплуатации.

Именно поэтому металлические конструкции широко применяются в строительстве мостов, небоскребов, аэропортов и других сооружений, где требуется высокая прочность.

Кроме того, красота является третьим аспектом, который делает металлические конструкции особенно привлекательными для архитекторов. Металл придает зданиям современный и стильный вид, добавляя им легкость и изящность.

Знаменитые архитектурные сооружения, включая Эйфелеву башню и оперный театр Сиднея, выделяются благодаря использованию металлических конструкций, которые не только обеспечивают необходимую прочность, но и придают зданиям уникальный художественный облик [4].

Для анализа металлического сооружения на основе определения архитектуры Витрувия, рассмотрим Железную башню в Париже (рисунок 1).

1. Польза

Построенная в 1889 году как временное сооружение для Всемирной выставки в Париже, Железная башня стала символом Франции и одним из самых популярных туристических объектов в мире. На сегодняшний день



Рисунок 1 – Эйфелева башня

она не только предоставляет возможность насладиться панорамным видом на город, но и служит местом для проведения различных мероприятий и выставок, что подчеркивает ее значимость для общества.

2. Прочность

Гюстав Эйфель стремился продемонстрировать всему миру, что металл является эффективным и прочным строительным материалом. Своим знаменитым

сооружением высотой 300 метров, весом 7 тысяч тонн и состоящим из 15 тысяч деталей, соединенных миллионами заклепок (рисунок 2), он показал, что только металл способен выдерживать такие размеры. Форма башни была строго рассчитана. Для обеспечения прочности башни при ветровой нагрузке Эйфелю пришлось решить сложные технические задачи, включая создание кривизны боковых стоек пирамиды, чтобы исключить колебания башни даже в сильные бури. Железная башня была построена с использованием 7300 тонн железа, что обеспечило ей высокую прочность и устойчивость к внешним воздействиям [5,6].

3. Красота

Железная башня является примером выдающегося инженерного и архитектурного творения, которое сочетает в себе функциональность и красоту. Ее элегантная форма, легкость и прозрачность создают впечатляющий образ, который привлекает внимание и восхищение посетителей со всего мира. Башня стала символом совершенства инженерного искусства, сочетая в себе красоту и функциональность.

Архитектурные сооружения, впечатляющие нас своим величием, часто рассматриваются как воплощение идеалов и принципов, сформулированных древним римским архитектором Витрувием. Однако не все инженерные сооружения и здания соответствуют этим принципам.

Примером может служить мост Тей, сооружение конца 19 века, которое, несмотря на свою значимость и важность, не выдержало испытания временем и обстоятельствами. Разрушение этого моста стало символом того,

что даже самые величественные сооружения могут подвергаться испытаниям и не всегда соответствовать высоким стандартам архитектурной гармонии.

Таким образом, Железная башня в Париже является примером металлического сооружения, которое отражает все три аспекта архитектуры Витрувия: пользу, прочность и красоту.

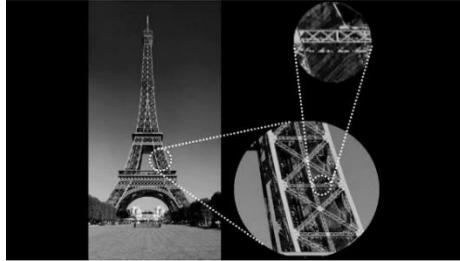


Рисунок 2- Заклёпки Железной башни

Она не только служит практическим целям, но также представляет собой выдающийся образец архитектурного и инженерного мастерства.

Мост был построен в 1878 году в Шотландии, его пролет составлял 4,43 километра, по нему проходила одна колея железной дороги, соединяющей два берега реки Ферг-оф-Тей (рисунок 3). Разрушение этого моста, вызвало шок и удивление у людей того времени, а также стало предметом обсуждения и анализа для исследователей и архитекторов [7].



Рисунок 3 – Мост Тей

Изучая причины разрушения моста Тей, можно провести анализ с точки зрения принципов архитектуры, сформулированных римским архитектором Витрувием.

1. Польза (utilitas):

Мост Тей был не только важным транспортным путем, но и символом технического прогресса. Его разрушение привело к нарушению транспортного сообщения между двумя берегами реки и создало неудобства для жителей города. Это явное нарушение принципа пользы, так как сооружение должно служить своей цели и быть полезным для общества.

2. Прочность (firmitas):

Разрушение моста Тей указывает на недостаточную прочность конструкции. На стадии проектирования было недостаточно изучено дно и при строительстве моста было принято решение о сокращении количества опор и увеличении пролётов, были ошибки и в расчётах. Согласно принципу прочности Витрувия, сооружение должно быть устойчивым и надёжны

3. Красота (venustas)

Хотя мост Тей, скорее всего, не был создан с учетом красоты в первую очередь, его архитектурные формы и конструктивные решения могли придавать ему эстетическую ценность. Разрушение этого сооружения может быть расценено как утрата культурного наследия и потеря для архитектурного облика города.

Таким образом, разрушение моста Тей подчеркивает важность соблюдения принципов архитектуры Витрувия - пользы, прочности и красоты - при проектировании и строительстве инженерных сооружений. Изучение металлических конструкций с учетом принципов Витрувия помогает понять важность сочетания инженерных и архитектурных аспектов при создании устойчивых и привлекательных сооружений. Необходимо учитывать баланс между функциональностью, надёжностью и красотой, а также влияние окружающей среды и времени на долговечность архитектурных объектов. Важно учитывать все аспекты создания и эксплуатации сооружений, чтобы избежать их разрушения. Рассматривая металлические конструкции через призму принципов Витрувия, мы можем научиться строить красивые, долговечные и функциональные сооружения, которые будут служить людям и вдохновлять их на протяжении многих поколений.

Библиографический список:

1. *Шитинский В.Г.* Методы инженерного творчества. Минск: Вышэйшая школа, 2016. – 118 с.: ил. ISBN 978-985-06-2773-5.
2. *Витрувий, переводчик Петровский Ф.А.* Десять книг об архитектуре. Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 318 с. — (Антология мысли). — ISBN 978-5-534-06677-7.
3. *Мардер А.П.* Металл в архитектуре. М.: Стройиздат, 1980. – 232 с.
4. *Соколов В.Л.* Повышение эффективности использования металла в строительстве– М.: Стройиздат, 1986. – 311 с.
5. URL: <https://m.ok.ru/u4imslova/topic/151531801362489> (дата обращения: 12.02.2023).
6. URL: <https://nastroenie.tv/episode/137226> (дата обращения: 12.02.2023).
7. URL: <https://zagadki-istorii.ru/katastryfy-77.html> (дата обращения: 12.02.2023).

*Вишнякова Анна Алексеевна, студентка 2 курса 17 группы ИИЭСМ
Плотников Александр Данилович, студент 1 курса 4 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
преподаватель С.Д. Казаков*

ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ Renga

На практике невозможно, чтобы у проектировщика были под рукой все необходимые технологии. Оборудование постоянно совершенствуется, меняется существующее, актуализируется, создаётся новое.

Проблема состоит в создании BIM-каталога, где были бы все элементы и могли самостоятельно меняться.

В рамках проведенной нами работы были изучены процессы, документы и информационные модели, проектные документации, материалы инженерных изысканий. Целью нашей работы является изучение формирования элементов моделей в Renga.

Первое, что было создано в системе Renga - возможность быстро создавать экземпляр необходимого оборудования.

Для создания такого объекта не требуются умения программиста. В программе предусмотрено 102 типа инженерных систем, объектов инженерных сетей, где пользователь может создавать большое многообразие инженерного оборудования.

Такой подход позволяет не только создавать геометрию, но и указывать материал, подключение, задавать параметры, но этого было недостаточно, поэтому была реализована возможность импорта в Renga разных форматов. Таким объектам нужно присваивать точки трассировки, чтобы в дальнейшем система могла автоматически с ними работать.

Проектировщик может, как угодно, менять параметры объекта для трехмерной модели и отображать эти объекты в 2д с помощью графических обозначений.

Шаблон стиля Renga создается на основе языка STDL (Style Template Description Language). Это язык, созданный на основе Lua, который представляет средства для описания шаблонов стиля с использованием встроенных возможностей Lua (условия, циклы и т. д.), набора функций для взаимодействия с Renga Style Template API.

Renga Style Template API предназначен для создания и редактирования геометрии объекта с помощью пользовательских параметров, создания портов оборудования, управления отображением параметром в диалоге стиля. Преимущества такого подхода:

- не требуется установка дополнительного программного обеспечения;
- возможность работы в любой привычной среде разработки с использованием инструментов, облегчающих и упрощающих разработку;
- возможность использования дополнительных lua-скриптов и библиотек;

-обработка ошибок, возникающих при компиляции и выполнении скрипта;

-возможность получения информации о текущем состоянии переменных и процессе выполнения.

Описание шаблона стиля состоит из нескольких файлов: файл описания параметров оборудования в формате JSON и один или несколько файлов скриптов на языке Lua.

В скриптах описываются функции, которые будут создавать различные отображения оборудования в Renga (детальный, условный, символичный уровень детализации) на основе параметров стиля, управлять отображением параметров в стиле оборудования, а также размещать его порты и задавать им параметры.

Для импортирования файла используется утилита RSTBuilder. Она проверяет, что кодировка всех входных файлов соответствует UTF-8, проверяет файл параметров на соответствие формату JSON, на наличие необходимых полей и корректность значений в них, также проверяет, можно ли скомпилировать Lua-скрипт.

Для создания элемента требуется сделать детальное и условное изображения. Это осуществляется с помощью программ GeometrySet2D.

В результате проведенных нами исследований можно сказать, что создание элементов Renga с помощью скриптов является быстрым, простым и дешёвым методом, с помощью которого мы можем создавать большее количество каталогов, которыми в конечном итоге будем пользоваться.

Библиографический список

1. Концепция внедрения системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием технологии информационного моделирования. [Электронный ресурс]. URL: <http://nopriz.ru/upload/iblock/b6f/Kontseptsiya-BIM-pervaya-redaktsiya.pdf> (дата обращения 01.12.2024).

2. Как создать любое инженерное оборудование <https://www.youtube.com/watch?v=S7i27Cb3VQw> (дата обращения 01.12.2024).

3. Вебинар: безграничное многообразие инженерного оборудования в ренга: https://www.youtube.com/watch?v=mVvN_rQg5DQ

4. Управление свойствами объектов в информационной модели здания: <https://rengabim.com/stati/upravlenie-svoystvami-obektov-v-informacionnoj-modeli-zdaniya/>.

5. ГОСТ Р 10.0.0-2018 «Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Основные положения. Общие требования к технологии информационного моделирования».

Вищенко Илья Михайлович, студент 1 курса 23 группы ИЭСМ
Равилов Самад Варисович, студент 1 курса 23 группы ИЭСМ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук **А.В. Иващенко**

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИКОСАЭДРА В NANOCAD

«Икосаэдр – один из пяти правильных многогранников. Имеет 20 граней (треугольных), 30 ребер, 12 вершин (в каждой вершине сходятся 5 ребер)» [1]. «Пять правильных тел изучали Теэтет, Платон, Евклид, Гипсикл и Папп» [2]. В частности, Теэтет доказал теорему, что существует только пять правильных многогранников, Гипсикл доказал теорему о равенстве отношений площадей и объемов у икосаэдра и додекаэдра, вписанных в сферу одного радиуса, а общее наименование платоновы тела получили в честь Платона. Аналоги тетраэдра, куба и октаэдра существуют в пространствах любой размерности, но икосаэдр и додекаэдр, и их аналоги существуют только в трехмерном и четырехмерном пространствах, при этом «существование правильных додекаэдра и икосаэдра не очевидно» [3].

«Требования к правильному многограннику: все его вершины, все его ребра и все грани должны быть равноправны... все грани... правильные многоугольники» [4].

Поскольку правильные многогранники имеют широкое распространение и применение не только в науке и технике, но также и в строительстве, и в архитектуре, то возникает необходимость моделировать эти тела различными компьютерными средствами. Но такая возможность предоставляется не во всех CAD-программах.

А именно, в компьютерной системе моделирования NanoCAD можно легко смоделировать куб, а остальные многогранники требуют дополнительных специальных построений, не всегда удобных, требующих определенных знаний о геометрических соотношениях между элементами многогранника (например, знания радиуса описанной или вписанной сфер).

Тем не менее, тетраэдр или октаэдр все же можно смоделировать относительно просто (тетраэдр можно сделать из многоугольной сети, указав ее узлы в несмежных вершинах куба и преобразовав ее в затем в 3d-тело, а октаэдр смоделировать на основе правильной четырехгранной пирамиды с определенными отношениями стороны и высоты, сделав ее копию отражением относительно основания). Но сложные правильные многогранники (икосаэдр и додекаэдр) моделировать уже проблематично.

Поэтому возникла задача смоделировать икосаэдр компьютерными средствами, и для этого мы решили воспользоваться одним из встроенных в систему языков программирования - Lisp'ом.

Этот язык так называемого функционального программирования, приспособлен для обработки списков, и имеет не вполне привычный синтаксис записи операторов (так называемую префиксную запись, когда

вначале указывается операция, а затем операнды). Кроме того, непривычного пользователя часто сбивает с толку обилие круглых скобок, испещряющих текст программы.

Несмотря на определенные сложности в понимании Lisp'a, мы выбрали именно этот язык из предоставляемых NanoCAD'ом средств программирования (помимо Lisp'a можно еще программировать на Python'e и языке макрокоманд), поскольку Лисп был разработан еще в середине прошлого века, и получил достаточно широкое распространение в программистской среде, и в настоящее время является довольно активно используемым языком программирования (хоть и не столь популярным, как C++, DELPHi, или Python).

Существует несколько известных алгоритмов построения икосаэдра, каждый из которых основывается на определенных геометрических свойствах икосаэдра и его проекций. Например, если взглянуть на икосаэдр с центром, расположенным в начале координат, вдоль прямой, соединяющей его противоположные вершины, расположенные на оси OZ, то проекции остальных десяти вершин на горизонтальную плоскость проекций будут образовывать вершины правильного десятиугольника, и нужно будет вычислить декартовы координаты x и y этих вершин, и затем придать значения координатам z , имеющим одинаковые абсолютные значения и чередующиеся знаки «плюс» и «минус» в соседних вершинах на проекции.

Но в нашей программе алгоритм работы был таков. Вначале необходимо было получить координаты всех двенадцати вершин икосаэдра.

Известно, что в икосаэдре, как и в додекаэдре можно найти правильные пятиугольники, в которых соотношение длин стороны и диагонали рано так называемому «золотому сечению».

В додекаэдре правильными пятиугольниками являются грани, а в икосаэдре – сечение, проходящая через вершины, смежные с какой-либо выбранной вершиной. Кроме того, известно, что икосаэдр и додекаэдр можно так ориентировать относительно плоскостей проекций, что эти плоскости проекций будут являться плоскостями симметрии.

Таким образом достаточно было найти координаты одной из вершин, а координаты остальных можно получить простым отражением относительно плоскостей проекций. Координаты одной вершины можно получить, используя знание о том, что правильный икосаэдр можно вписать в куб таким образом, что грани куба будут проходить через ребро икосаэдра.

После получения координат вершин, уже можно вычертить эти вершины в NanoCAD'e, и, соединив эти вершины ребрами, получить реберную модель многогранника. Но ребра можно получить программным способом.

На следующем шаге необходимо было получить информацию о парах вершин, образующих ребра икосаэдра. Для этого перебирались все возможные пары вершин в икосаэдре, вычислялись расстояния между ними, затем этот список отсортировывался по убыванию, и минимальное значение

и было длиной ребра. Таких значений должно было быть 30. После этого шага можно было бы вычертить реберную модель икосаэдра.

Следующим шагом явилось получения необходимой информации о гранях икосаэдра. Для этого из всех возможных сочетаний вершин по три, выбирались только такие, у которых любые две в этом выбранном подмножестве соединялись ребром. Таких граней должно быть 20. Уже на этом этапе с помощью команды 3d Face можно было бы вычертить полигональную модель многогранника. Но в подобной модели необходимо добавить "внутренность", потому что иначе невозможно использовать эту модель в логических операциях пересечения, объединения и вычитания. Поэтому после этого необходимо было построить 20 треугольных пирамид с основаниями на полученных гранях и вершинами в центре икосаэдра, и затем их объединить.

При построении этих триангуляционных пирамид надо было учитывать ориентацию обхода вершин, потому что иначе к смежным пирамидам разной ориентации не применялись операции объединения (рисунок 1). После введения соответствующей проверки (а именно, вычисления знака объема пирамиды) и необходимой коррекции в последовательности ввода вершин, операции объединения выполнялись правильно, и в результате получился икосаэдр как единый твердотельный объект, с которым в дальнейшем можно проводить все доступные в NanoCADe операции.



Рисунок 1 - Компьютерная модель икосаэдра в различных ракурсах

В результате можно сделать вывод о том, что возможности программирования, предоставляемые системой NanoCAD позволяют расширить набор встроенных примитивов, и пользоваться ими наряду со стандартными.

Библиографический список

1. Математическая энциклопедия, под ред. И.М. Виноградова, М.: 1982г., издательство «Советская энциклопедия», т.3.
2. *Венниджер М.* Модели многогранников, М.: Мир, – 1974, 240 с.
3. *Берже М.* Геометрия, М.: Мир, – 1984.
4. *Гильберт Д., Кон-Фоссен С.* Наглядная геометрия, М.: URSS – 2020. 184 с.

Вылчу Сергей Иосифович, студент 1 курса 51 группы ИАГ
Научный руководитель -
доц., канд. архитектуры, доц. А.А. Фаткуллина

РОЛЬ ГЕОМЕТРИИ В ТУРЕЦКОЙ АРХИТЕКТУРЕ

Турция за всю историю имела богатую архитектуру, которая брала свои истоки из таких государств как Византийская и Римская империи, Персия, Греция и Троя. Но несмотря на заимствования, Турецкая архитектура оставалась уникальной и необычной. Тут нельзя не затронуть влияние геометрии на Турецкую архитектуру, которая придает произведениям искусства особое эстетическое качество. Турецкая архитектура известна своими выразительными узорами и запоминающимися формами, которые основываются на геометрических принципах [1].

Собор Святой Софии (Айя-София) был построен в Константинополе в 500-е годы и являлся до 15 века главным храмом христианского мира. После завоевания Константинополя турками в 1453 году город был переименован в Стамбул, а храм превратили в мечеть (рис.1). Основная геометрическая особенность Собора Святой Софии — это его купол, который является самым большим куполом в мире и имеет диаметр около 31 метра. Купол поддерживается четырьмя треугольными элементами – пendentивами. Внутри собора размещены сложные геометрические узоры, которые охватывают стены и потолок. Эти узоры изготовлены из разнообразных материалов, таких как мрамор и мозаика, и являются примером византийских художественных традиций. В целом, геометрия Собора Святой Софии является прекрасным примером симметрии, баланса и красоты, а архитектура отражает богатое культурное наследие [2].



Рисунок 1 – Айя София в Стамбуле

С XIV—XV вв. в зодчестве Турции происходил сложный процесс осмысления и творческой переработки культурного наследия сельджуков и византийцев, а также зарождались новые черты и национальные особенности. В связи с расширением территории страны Турция нуждалась в их защите, что привело к строительству крепостей,

которые мы можем видеть в Стамбуле и в настоящее время. Румели Хисар — это средневековая крепость и форт, в геометрии которой присутствуют

различные формы и элементы (рисунок 2). Здесь прямоугольные и многогранные формы создают стены и башни крепости, отличающиеся прочностью и устойчивостью. Башни и бастионы, имеющие форму круга или полукруга, создают эстетически привлекательный облик и обеспечивают более эффективную оборону крепости. Архитектурная композиция крепостных сооружений имеет элементы симметрии, обладает балансом и гармонией лаконичных форм и пропорций.

В XVI–XVII веках Турция терпела ряд поражений на мировой арене, что привело к замедлению строительства. В это время была построена знаменитая Голубая мечеть, официальное название которой - Султанахмед-джамия. “Голубой” она называется в связи с использованием несколько тысяч



Рисунок 2 – Крепость Румели Хисар

керамических плит [3]. Геометрические узоры и орнаменты украшают стены, купола и арки здания, стены мечети украшены "шахматной" мозаикой - чередующимися светлыми и темными камнями, оформленными в виде квадратов или трапеций. Этот узор создает впечатление непрерывной геометрической симметрии. Другой знаковый элемент голубой мечети — это гнутые и сводчатые арки, которые создают ощущение гармонии и пространственности внутри мечети. Они демонстрируют сложность и красоту мусульманской архитектуры и декоративного искусства, узоры и орнаменты создают неповторимую атмосферу покоя, медитации и благоговения.

В XVIII веке в культовом зодчестве страны происходил процесс европеизации, приходит стиль барокко. Мечеть Нур-Османие в Стамбуле содержит в себе как традиционные черты турецкой культуры, так и некоторые особенности барокко [4]. Она имеет круглую форму, что необычно для мечетей, которая подчеркивает ее элегантность и уникальность.

На фасаде мечети, внутри на полу и стенах присутствуют красивые геометрические узоры, выполненные в традиционном османском стиле. Мечеть состоит из центральной куполообразной структуры, окруженной меньшими куполами. Эта композиция создает внутренний дворик, окруженный мраморными колоннами, что придает мечети уникальность и величие. Также мечеть имеет красивые и причудливые окна, декорированные геометрическими узорами.

Это была первая мечеть, которая в приоритете освещалась именно естественным светом. Внутренний интерьер включает в себя все

особенности барокко: пышность, роскошные украшения, яркое естественное освещение, обилие мелких деталей. В целом, геометрические особенности мечети Нуруосмание в Стамбуле делают ее одной из самых замечательных и уникальных мечетей в мире.

В XIX — начале XX в. турецкой архитектуре присуща эклектическая европеизация. Пример стиля эклектики в сооружениях является мечеть Ортакей (XIX век, архитектор Гарабет Бальян). В мечети Ортакей переплелись стили возрождения, османского барокко, европейского неobarokko и неоклассицизма. Она находится на берегу Босфора и славится своей уникальной архитектурой и геометрическими особенностями. Мечеть имеет основной купол и несколько меньших куполов, которые украшают ее внешний вид. Геометрическая форма куполов создаёт эффект возвышения и гармонии. Мечеть Ортакей имеет два минарета, которые стоят в углах здания и дополняют её архитектурный облик [5].

В начале XX века в Турции наблюдалась нехватка архитекторов, поэтому приезжали архитекторы из стран Европы, что также повлияло на постройку дальнейших архитектурных сооружений. В 1960-х годах Турция пережила экономический бум, связанный с большим потоком туристов и урбанизацией побережья Эгейского и Средиземного морей. А в 80-е годы прошлого столетия развиваются промышленность, строительство и архитектура, появляются новые материалы и конструктивные решения, способствующие ускорению темпов строительства.

Спустя несколько лет появились новые формы и неординарные архитектурные решения [6]. Так плоские крыши заменялись динамичными и структурными, использовались косые, фактурные фасады, возникает тема экологии в строительстве. На рисунке 3 мы видим самое высокое и первое экологическое здание в Турции - Стамбульский Сапфир.



Рисунок 3 - Стамбульский Сапфир

Башня Сапфира сочетает в себе элементы современного дизайна с традиционной турецкой архитектурой. Ее фасад украшен большим количеством стекла, что придает зданию элегантность и современность.

Высота данного сооружения составляет 261 метр. Башня Сапфира является символом современных технологий и прогресса в архитектуре Стамбула. Ее

геометрические особенности сочетаются с удивительным видом, делая ее одной из самых популярных туристических достопримечательностей города [7]. В заключении стоит отметить, что история архитектуры Турции насчитывает не одно столетие, с течением времени менялась культура, она в себя вбирала черты архитектуры разных стран, что позволило ей создать свою, уникальную и совершенно своеобразную архитектуру страны.

За весь период существования Османской империи и Турции геометрия всегда была по-своему уникальна и передавала эстетику того или иного произведения искусства или архитектуры.

В ходе работы мы узнали, что использовали турецкие архитекторы при создании различных сооружений и какое настроение было передано ими в строительстве с помощью геометрии. Но история на этом не заканчивается и уже на сегодняшний день создаются новые геометрические решения для создания поистине настоящих “шедевров” мирового искусства.

Библиографический список

1. Архитектура Турции XII—XIII веков [Электронный ресурс]// tehne.com: сайт 2011—2024. URL: <https://tehne.com/event/arhivsyachina/arhitektura-turcii-xii-xiii-vekov> (дата обращения 03.02.2024).
2. Архитектурные особенности собора Святой Софии [Электронный ресурс]// studbooks.net: сайт 2013–2024. URL: https://studbooks.net/2324039/nedvizhimost/arhitekturnye_osobennosti_sobora_svyatoy_sofii (дата обращения 03.02.2024).
3. Голубая мечеть в Стамбуле — ее архитектурные особенности [Электронный ресурс]// ancient-east.ru: сайт 2010–2024. URL: <https://ancient-east.ru/golubaya-mechet-v-stambule.html> (дата обращения 04.02.2024).
4. Стамбул. Мечеть Нурусманье [Электронный ресурс]// balkanstravel.ru: сайт 2016–2024. URL: <https://www.balkanstravel.ru/2023/02/nuruosmaniye.html> (дата обращения 04.02.2024).
5. Стамбул. Мечеть Ортакей. [Электронный ресурс]// balkanstravel.ru: сайт 2016–2024. URL: <https://www.balkanstravel.ru/2023/03/ortakoy.html> (дата обращения 05.02.2024).
6. Современные Здания Турции: Эволюция Турецкой Архитектуры В Наше Время. [Электронный ресурс]// imtilak.net: сайт 2024. URL: <https://www.imtilak.net/ru/turkey/articles/architecture-buildings-turkey#popupmodal> (дата обращения 05.02.2024).
7. Сапфир Стамбула (Istanbul Sapphire) [Электронный ресурс]// architecturebest.com: сайт 2024. URL: <https://architecturebest.com/sapfir-stambula-istanbul-sapphire/> (дата обращения 05.02.2024).

Гайнуллин Илья Максимович, студент 2 курса 40 группы ИЭСМ
Чистов Денис, студент 2 курса 41 группы ИЭСМ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук А.В. Иващенко

ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРЯМОЙ С ГИПЕРПЛОСКОСТЬЮ В ЧЕТЫРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

«Построение геометрии пространств для n измерений проводится по аналогии со случаем трех измерений. При этом можно исходить из обобщения непосредственно геометрических оснований трехмерной геометрии, из той или иной системы ее аксиом или из обобщения аналитической геометрии, перенося ее основные выводы со случая трех координат на произвольное n . Именно так и начиналось построение n -мерной евклидовой геометрии» [1].

«При переходе к многомерным пространствам наглядность частично теряется, но теория этих пространств сохраняет геометрический характер. Дело в том, что ее основные понятия строятся путем заимствования у трехмерного случая и надлежащего обобщения на многомерный» [2].

Задачу пересечения прямой и гиперплоскости можно решать двумя способами: аналитическим и геометрическим, подобно тому, как решается задача нахождения точки пересечения прямой и гиперплоскости [3].

Аналитический способ предполагает решения систем уравнений, отвечающих за пересекающиеся объекты, а геометрический – выполнение геометрических построений на комплексном чертеже, подобных тому, какие мы выполняем при решении задачи пересечения прямой и плоскости трехмерного пространства на комплексном чертеже Монжа.

В данной статье приведем и геометрический и аналитический подходы.

Гиперплоскость четырехмерного пространства определяется четырьмя точками, причем не принадлежащих одной плоскости [4].

Трехмерные проекциями гиперплоскости принимают вид тетраэдра на каждой гиперплоскости проекций, а условие его невырожденности означает, что объем этого тетраэдра отличен от нуля.

Это подобно тому, как плоскость в трехмерном пространстве задается тремя неколлинеарными точками. Проекция отрезка остаются отрезками, только в трехмерной гиперплоскости проекций.

Созданная нами на языке LISP программа позволяет визуализировать в NanoCAD трехмерные проекции гипертетраэдра, тетраэдра, треугольника и отрезка. На представленном ниже рисунке 1 показаны четыре трехмерные проекции гиперплоскости, представленной тетраэдром с координатами вершин $(9,0,0,0)$, $(0,7,0,0)$, $(0,0,5,0)$ и $(0,0,0,3)$, где первые три координаты каждой вершины – обычные координаты x , y и z трехмерного пространства, а четвертая – добавленная координата t .

Эти координаты удобны для вычисления уравнения гиперплоскости по 4 точкам, и для поиска пересечения этой гиперплоскости с прямой.

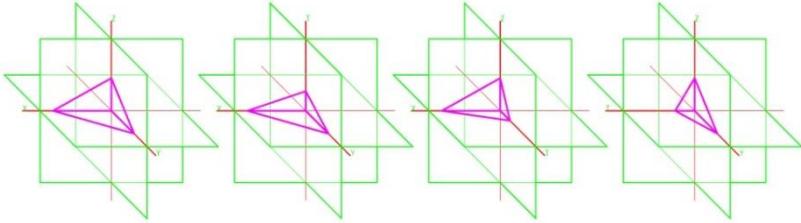


Рисунок 1 - Трехмерные проекции гиперплоскости, представленной тетраэдром, в гиперплоскостях проекций

Таким же образом легко визуализировать и отрезок прямой, представляющий прямую (сами отрезок и тетраэдр могут и не пересекаться, но представляемые ими объекты должны пересечься в точке, если они не параллельны). В данном случае выбран отрезок со случайными координатами конечных точек (рисунок 2).

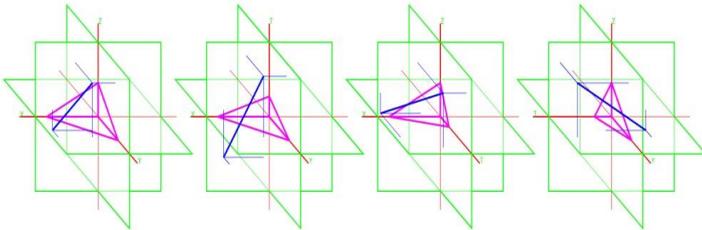


Рисунок 2 - Трехмерные проекции гиперплоскости и отрезка в гиперплоскостях проекций

Алгоритм решения поставленной задачи следующий.

1. Вначале необходимо прорисовать трехмерные гиперплоскости проекций, которые представляют представляющих собой обычную координатную систему, изображенную во фронтальной диметрии. Для единообразия сохранения некоего сходства с привычными нам изображениями координатных систем оси X , Y , и Z всегда направлены в привычном нам направлении (т.е. положительное направление оси X - справа налево, положительное направление оси Y - на зрителя, положительное направление оси Z - снизу вверх, положительное направление оси T - оставшееся "вакантное" положение, т.е. в каждой из этих координатных систем эта ось принимает новое положение). При этом

меняется направление ориентации трехмерных осей, но в четырехмерном пространстве это не существенно, потому что всегда есть возможность взглянуть на ситуацию с «обратной» стороны. Видимые контуры границ двумерных плоскостей проекций показаны более толстыми линиями по сравнению с линиями невидимого контура.

2. На следующем шаге необходимо ввести исходные данные, т.е. координаты вершин тетраэдра в четырехмерном пространстве, а также координаты концевых точек отрезка. Это обеспечивается высвечиванием диалогового окна, в котором нужно указать требуемые координаты или согласиться с имеющимися.

3. После этого производится расчет и вычерчивание экранных координат трехмерных и двумерных проекций вершин тетраэдра и концевых точек отрезка, причем необходимо учитывать как номер координатной системы гиперплоскости проекций, поскольку каждая следующая сдвигается вдоль горизонтального направления (в нанокадovской, экранной системе координат), так и перемену осей в каждой из координатных систем (в первой например, нет оси T , и эта же ось T занимает последовательно место оси Z во второй, оси Y в третьей и оси X в четвертой координатных системах), так и несовпадение направлений отсчета положительных координат (вдоль горизонтальной оси они противоположны с экранными координатами нанокада, а вдоль «наклонной» оси необходимо учитывать поправочные коэффициенты искажений).

4. На последнем этапе необходимо рассчитать координаты точки пересечения посредством решения систем 4 уравнений (одно уравнение описывает гиперплоскость (но прежде его необходимо получить в общем виде, преобразовав уравнение гиперплоскости по 4 точкам четырехмерного пространства, что сводится к вычислению определителя 4-го порядка), а остальные три уравнения – прямую, заданную по двум точкам), и высветить эту точку во всех четырех трехмерных гиперпроекциях. Но этот шаг алгоритмы в данный момент находится в разработке.

Библиографический список

1. Математическая энциклопедия, под ред. И.М. Виноградова, М.: 1982г., изд-во «Советская энциклопедия», т.3.
2. *Ефимов Н.В., Розендорн Э.Р.* Линейная алгебра и многомерная геометрия. – 3-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.
3. *Филитов П.В.* Начертательная геометрия многомерного пространства и её приложения. – М.: 2016. 282с.
4. [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 18.02.2024).

*Галанина Варвара Вячеславовна, студентка 1 курса 53 группы ИАГ
Научный руководитель –
доц., канд. архитектуры, доц. А.А. Фаткуллина*

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ФОРМА И ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ АРХИТЕКТУРЫ, ИХ ВОСПРИЯТИЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Формообразование является ключевым понятием в архитектуре, так как в основе её лежит созидательная деятельность. Построенные архитектурные объекты материальны и, живя в городе, мы пребываем в постоянном контакте с ними - находимся в жилых или общественных зданиях, ходим по улицам, проспектам или бульварам города, едем в наземном транспорте - мы практически всегда видим внешний облик или интерьеры зданий и сооружений.

В связи с этим представляется интересным рассмотрение связи выбора формы того или иного архитектурного сооружения с его функциональным содержанием и его восприятием.

Как утверждали древние философы, форма предмета определяет его содержание, отмечая ее влияние на окружающих нас предметы. Мы же рассмотрим внешнюю оболочку предметов, потому что именно она непосредственно связывает нас с оценкой архитектурной среды и современного дизайна.

Начиная с древних времен человек возводил здания и совершенствовал свои знания и навыки в области строительства, так спустя несколько тысяч лет с развитием строительной отрасли, люди от простых домов, состоящих из четырех стен, пола и соломенных крыш, пришли к огромному разнообразию форм и текстур, которые мы можем наблюдать в современных реалиях.

Но как известно, в архитектуре, как и в других отраслях деятельности человека, в разные исторические периоды формировались свои каноны, убеждения и аксиомы, которые удовлетворяли различным требованиям и соответствовали возникающим условиям.

Принято считать, что выбор формы напрямую влияет на восприятие и функционал объекта [4]. Так православный храм имеет купола, устремлённые в небо, комплекс сооружений аэропорта зачастую в силу высокого покрытия площади расплываются в причудливые косоугольные формы, а здания музеев оформляются в соответствии с тематикой выставленных экспонатов.

Так, самый большой православный храм России, кафедральный собор Русской православной церкви - Храм Христа Спасителя в Москве является ярким примером выбора форм русско-византийского стиля для его функциональной составляющей (рисунок 1). Собор был построен по проекту Константина Тона в 1860 году, в 1931 году разрушен, а в 1999 году был

воссоздан. Храм имеет величественные формы, 5 куполов, обилие украшений, массивное основание и находится на возвышении.

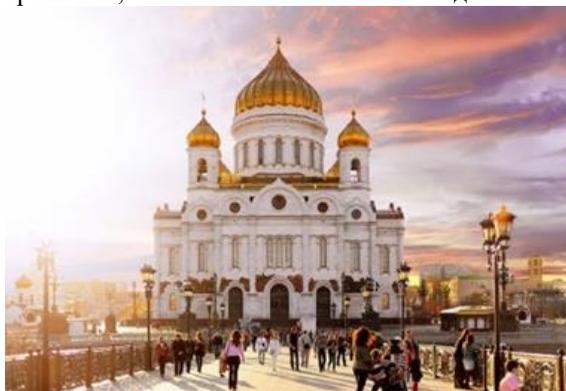


Рисунок 1 - Храм Христа Спасителя в Москве

Всё это подчёркивает значимость данного сооружения и вековые традиции Русской православной церкви. Другой пример – типовая жилая застройка, которая есть во многих городах России (рисунок 2). Эти панельные дома имеют простые прямоугольные формы, оконные

проёмы и конструкции лоджий одинаковы практически на всех этажах здания, они создают однообразное членение фасадов. Здесь нет никаких новшеств и причудливых форм.



Рисунок 2 – Пример типовой массовой застройки

Эти здания привычны для нас, так как мы их видим постоянно. Они воспринимаются часто как серый фон в нашей повседневной жизни. В сравнении с домами, построенными по индивидуальным проектам и

некоторыми современными жильными

комплексами, они имеют ряд недостатков – примитивная планировочная структура, небольшой набор применяемых пространственных решений, функций и типов квартир, небольшие пространства комнат.

Это были примеры применения стандартных, устоявшихся форм в разных видах построек. Здесь, как и в большинстве случаев, форма подбирается под функцию, определяя «характер» здания и «создаваемое

настроение» от его восприятия. В таких случаях форма на прямую влияет на восприятие архитектуры и даже по ее очертаниям, мы поймем о каком типе постройки идет речь.

Однако, анализируя современные архитектурные решения, можно сделать вывод о том, что технический анагенез разрушил многие каноны и стандарты строительства с целью новаторства и поиска новых форм. На рисунке 3 приведены примеры современной религиозной архитектуры. Форма этих зданий отличается от исторически сложившегося привычного и традиционного образа христианской архитектуры.

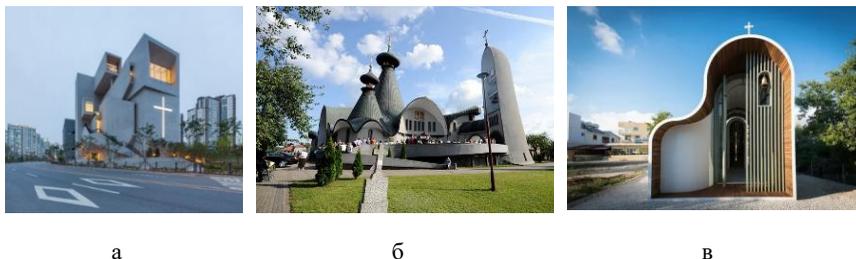


Рисунок 3 – Здания христианских церквей: а) Церковь в городе Кимпхо, Южная Корея, архитектор Хису Квак; б) Собор Святой Троицы в Гайновке, Польша, архитектор А.Григорович; в) Православная церковь в Финляндии

Здесь мы видим различные приёмы формообразования: использование локальных по форме, но гипертрофированных по размерам объёмов, несущих образ храма (конусы, главки, цилиндрические своды) в польском соборе; расчленение на более мелкие и расслоение большого гранного объёма церкви в Южной Корее; перетекающие плавные формы камерного объёма церкви в Финляндии.

Однако, внешние особенности здания не меняют его функции, не влияют на культовое его назначение, на традиции и обычаи. В силу интегрирования в структуру здания, в его оборудование новых технологий, не возникают проблемы с его эксплуатацией, с освещением или отоплением.

На рисунке 4 показано Административное здание Pierres Vives, построенное во Франции по проекту архитектора Захи Хадид [3]. В уникальную форму здания включены три государственных департамента страны. Многофункциональность



Рисунок 4 – Административный комплекс Pierres Vives. Архитектор – Заха Хадид, город Монпелье

здания отражено в его пространственной структуре, состоящей из вытянутой горизонтально и лежащей на земле основной части, в которой располагается архив, объёмов, отходящих в сторону как ветви дерева, в которых размещается библиотека. А верхний уровень здания предназначен для офисных помещений. Несмотря на необычность и неповторимость формы здания, ориентация в нём не затруднена и не возникают проблемы с его эксплуатацией.



Рисунок 5 - Лесная спираль. Германия.
Архитектор Ф. Хундертвассер.

Уникальность архитектуры жилого комплекса "Лесная спираль" состоит в том, что он воспринимается единым целым и с природой, и лаконично вписывается в существующую городскую среду [5].

Таким образом, соотнося «форму» архитектуры с её «функцией», мы можем сделать вывод, что форма не обязана изменять функциональную составляющую зданий, если она под него не подбиралась. Однако, сама форма функциональна. Она обладает некой мерой самооценности, что делает ее инструментом для развития различных видов искусств и использования различных её видов в строительстве.

Библиографический список

1. *Сергеев А.В.* Архитектурный блог «Architectural Idea» – 2020. URL: <https://architecturalidea.com/architecture-blog/> (дата обращения: 14.10.23)
2. *Слюсаренко Т.В.* – Международный научный журнал "Инновационная наука" – 2017 - стр. 152-153 - Ростов на Дону. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-formy-funktsii-v-sovremennoy-arkhitekture/viewer/> (дата обращения: 14.10.23).
3. *Заха Хадид.* 11 лучших проектов. // AD Magazine Russia. Москва. 2019.
4. Форма и ее влияние в архитектуре и дизайне. // Журнал «АрхОснова» Москва. 2023. URL: <https://arch-osnova.ru/articles/mebel-dekor/forma-i-ee-vliyaniye-v-arkhitekture-i-dizayne>
5. *Криворучко С.В.* Форма и функции в архитектуре. // Изд-во Московского государственного университета архитектуры и строительства -2014. с. 71-80.

Греков Олег Вадимович, студент 1 курса 1 группы ИЦТМС
Матюшин Павел Андреевич, студент 2 курса 13 группы ИГЭС
Научный руководитель –
преподаватель *С.Д. Казаков*

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА EXON.BIM

Программный комплекс Exon.BIM предназначен для автоматизации процесса информационного моделирования зданий и сооружений (BIM). Он предлагает ряд инструментов для оптимизации рабочего процесса и повышения эффективности работы с BIM-моделями.

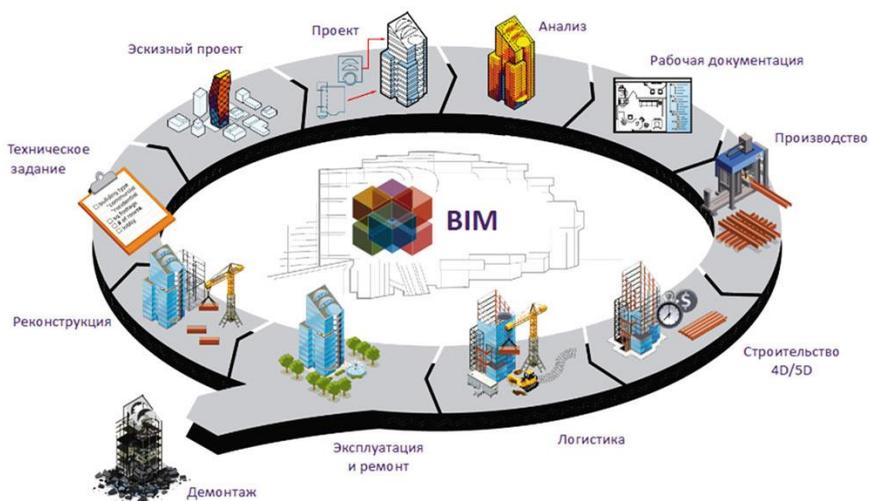


Рисунок 1 – Жизненный цикл здания

Exon.BIM позволяет работать с моделями на всех этапах жизненного цикла здания, от планирования и проектирования до строительства и эксплуатации. Он обеспечивает совместную работу над проектами в режиме реального времени, что позволяет команде всегда быть в курсе изменений и принимать более обоснованные решения.

Применение Exon.BIM включает следующие возможности:

1. Создание и редактирование BIM-моделей: пользователи могут создавать новые модели или импортировать существующие, а затем редактировать их.

2. Визуализация моделей: Exon.BIM предоставляет инструменты для просмотра моделей в 2D и 3D, что помогает лучше понять структуру и дизайн здания.
3. Расчет стоимости проекта: с помощью Exon.BIM можно рассчитать стоимость проекта на основе данных о материалах, оборудовании и других затратах.
4. Управление изменениями: программное обеспечение позволяет отслеживать все изменения, внесенные в модель, и управлять ими.
5. Анализ энергопотребления: Exon.BIM может анализировать энергопотребление здания и предлагать решения для его оптимизации.

В сервисе Exon хранится вся документация, фото- и видеоматериалы, финансовые показатели для всех участников строительства: инвесторов, заказчиков, подрядчиков и субподрядчиков.

Модуль календарно-сетевое планирования позволяет вести график реализации проекта с отслеживанием объёмных и стоимостных показателей. Модуль процессов автоматизирует административные процессы, связанные с реализацией проекта, и создает их в функциональных папках.

Конструктор представляет из себя формирование схемы процессов с

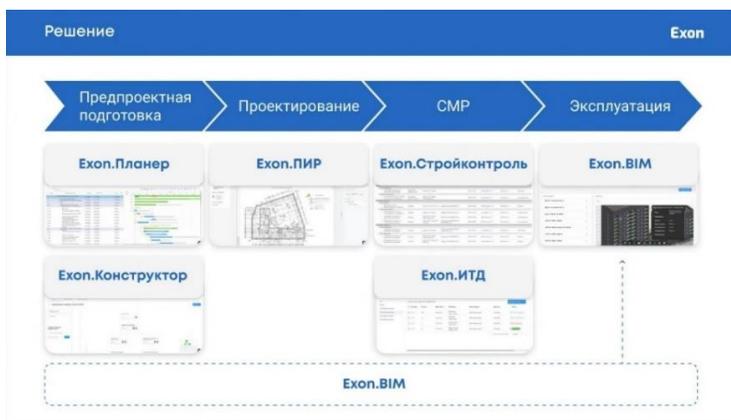


Рисунок 2 – Графическая схема устройства программы Exon.BIM

помощью предустановленных шагов и заполнения атрибутов каждого из шагов. Этот модуль позволяет контролировать запущенные процессы и их историю взаимодействия с ними.

Модуль проектно-изыскательных работ является модулем согласования проектной и рабочей документации с выпуском в производство работ подрядчику. Модуль строительного контроля обеспечивает

организованность работы с замечаниями и инспекциями, а также обеспечивает сохранность отдельных файлов. Модуль исполнительно-технической документации предназначен для формирования согласования и подписания исполнительной документации при реализации работ по проекту. Существует метод для оценки скорости работы любого интерфейса, который называется метод GOMS. Он позволяет сравнить два интерфейса и оценить их качество. Для оценки качества в данном методе есть переменные и правила, по которым происходит анализ эффективности того или иного интерфейса.

- 1) Нажатие клавиши клавиатуры ($K=0,2c$)
- 2) Перемещение курсора к позиции на экране монитора ($P=1,1c$)
- 3) Перенос руки на мышь ($H=0,4c$)
- 4) Ментальная подготовка ($M=1,35c$)
- 5) Ответ (R)

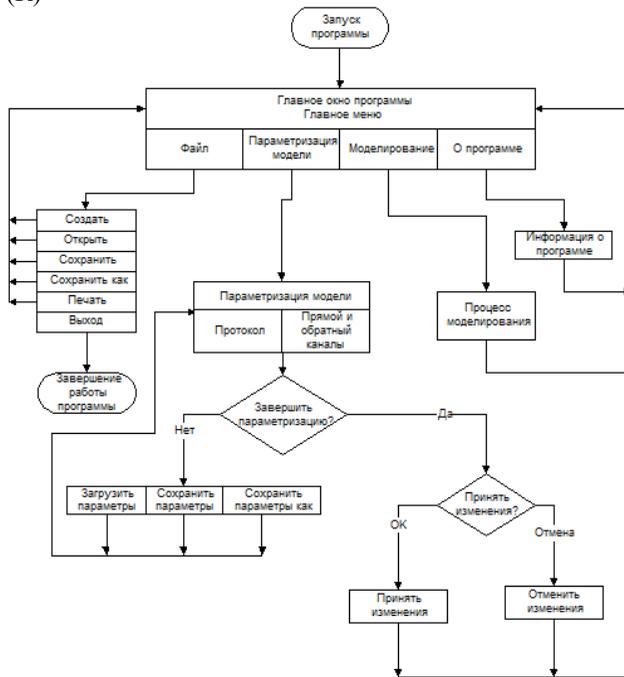


Рисунок 3 – Блок-схема интерфейса для моделирования

Правило 1

Оператор М следует ставить перед всеми операторами К и перед Р. (Кроме ситуации, когда Р состоит из нескольких частей (в таких случаях ставим только одну М))

Правило 2

Оператор М ставится перед последовательностью МРК (сначала думаем что сделаем, потом переместим и кликнем)

Правило 3

Последовательность МКМКМК заменяется на МККК

Правило 4

При действиях «на автомате» ставить М нужно только перед последовательностью команд

Правило 5

Не ставим М перед R

Метод создан, чтобы оценить интерфейс, сокращать сроки на согласование и подписание исполнительной документации

Для проверки эффективности программного комплекса Eхon.VIM были произведены расчёты трудозатрат по времени на каждую операцию в подсчёте параметров проекта раздела AP. По итогам получилось, что для подсчёта всех основных параметров проекта человеку потребуется примерно 15 минут времени, если считать, что он создаст спецификации на данные параметры. Данное время было посчитано с помощью метода GOMS. В то время, как с помощью программного комплекса Eхon.VIM основная информация, а также информация по другим разделам проекта будет выведена мгновенно, если открыть соответствующую вкладку на сайте проекта.

Так как данная программа автоматически анализирует модель и выводит всю необходимую информацию для заказчика, проектировщика, подрядчика и других людей.

В качестве вывода можно точно сказать, что по сравнению с ручной работой человека программной комплекс Eхon.VIM выигрывает по всем показателям. Данный комплекс не только может вывести всю основную информацию по всем разделам в проекте, но и позволит поработать с исполнительной документацией, составить календарный график, проработать замечания и многое-многое другое, что будет занимать большого времени у обычного пользователя.

Библиографический список

1. *Джеф Раскин* Новые направления проектирования компьютерных систем. – 2005. – Т. 4.2.3. – С. 62 - 80.
2. *Талапов В.В.* Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий – 2015. – Т. 3.1. – С. 204.
3. *Суханова И.И.* Проектирование инженерных систем на основе BIM-модели в Autodesk Revit MEP – 2023. – Т. 2.3 – С. 65.
4. *Мовчан Д.А.* Технология BIM для архитекторов – 2010. – Т. 6.1 – С. 154.

Гудко Кирилл Алексеевич, студент 2 курса 41 группы ИЭСМ
Чатуров Богдан Андреевич, студент 2 курса 40 группы ИЭСМ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук А.В. Иващенко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЛЕДОВ ОТРЕЗКА ЧЕТЫРЁХМЕРНОГО ПРОСТРАНСТВА В NANOCAD

В современном мире начертательная геометрия используется в различных областях науки и техники, таких как строительство, архитектура, дизайн, инженерия и другие. Поэтому знание и понимание принципов нахождения следов имеет практическое применение и может быть полезным в профессиональной сфере. Таким образом, тема нахождения следов в начертательной геометрии остается актуальной и важной как для образования, так и для практического применения в различных областях деятельности. В начертательной геометрии трехмерного пространства при построении следов отрезка на комплексном чертеже Монжа всегда задействованы другие проекции, то есть при построении горизонтального следа используется фронтальная проекция, при построении фронтального следа – горизонтальная проекция. Построение начинается с доведения до оси какой-либо проекции до пересечения с осью, а затем из точки пересечения ее с осью выстраивается линия проекционной связи, продолжаемая до пересечения с продолжением другой проекции, и таким образом определяется след.

Мы займемся поиском следов четырехмерного отрезка, и не вручную, а посредством программирования.

«Евклидово пространство произвольного числа измерений $n > 3$ (не исключая случая бесконечномерного) проще всего определить как такое, в котором выделены подмножества — прямые и плоскости, имеются обычные отношения: принадлежности, порядка, конгруэнтности (или определены расстояния, или движения)» [1].

Четырехмерное пространство от трехмерного отличается наличием дополнительной координаты t .

«С точки зрения аффинной геометрии подпространства пространства X размерности 0 – это точки, размерности 1 – это прямые, размерности 2 – плоскости...» [2]. Продолжая этот ряд, можно добавить, что подпространства размерности 3 – это гиперплоскости.

«Точки пересечения прямой с координатными гиперплоскостями называются следами прямой на этих гиперплоскостях. Прямая общего положения имеет четыре следа» [3].

Рассмотрим программирование в среде NanoCAD задачи нахождения следов четырехмерного отрезка. Программу удобно составить на встроенном в эту систему языке ЛИСП. «Этот язык широко известен и

применяется в задачах символьной обработки информации, обработки естественных языков, искусственного интеллекта, экспертных систем, систем логического программирования» [4]. Язык был создан в 1962 году Дж. Маккарти, и «...с тех пор число вариантов этого языка стало исключительно большим» [4]. Многие системы автоматического проектирования содержат в себе версии языка, позволяющие программным путем создавать модели, не предусмотренные стандартным набором примитивов. То же относится и к системе NanoCAD.

Алгоритм работы программы следующий. Вначале в системе прорисовываются изображенные во фронтальной диметрии четыре координатные системы трехмерных гиперплоскостей проекций (XYZ , XYT , XZT , YZT). На рисунке 1 условные границы плоскостей проекций в каждой из этих четырех систем показаны зеленым цветом, а координатные оси – красным. После этого высвечивается диалоговое окно с запросом на ввод четырехмерных координат концевых точек отрезка. Пользователь может либо изменить значение этих координат, либо согласиться с ними. После этого программа вычисляет значение координат трехмерных и двумерных проекций концевых точек отрезка, и координаты следов (представляющих собой точки в трехмерных пространствах XYZ , XYT , XZT , YZT соответственно). Затем прорисовываются все эти точки на всех четырех гиперплоскостях проекций. В связи с тем, что наглядность изображения повышается после проведения линий проекционных связей, прорисовываются также и эти линии. Это можно увидеть на рисунке 1.

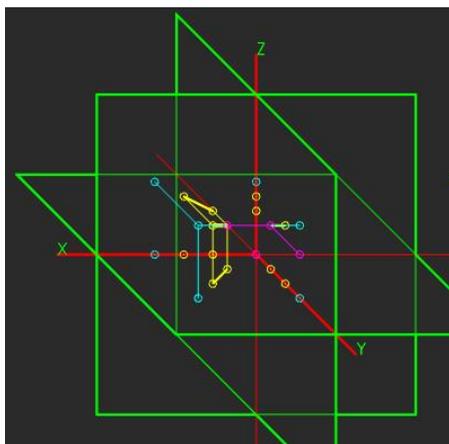


Рисунок 1 - Трехмерные проекции и следы четырехмерного отрезка на XYZ

На нижеприведенном рисунке 2 показаны два варианта нахождения следов на плоскости XYZ (показан зелено-голубым цветом) и на плоскости XYT (показан фиолетовым цветом).

Видно, что на гиперплоскости проекций XYZ след XYZ является находится в пространстве, а на плоскости ХУТ – на плоскости, что объясняется тем, что четвертая координата t у него нулевая. Аналогично и со следом ХУТ на гиперплоскости ХУТ.

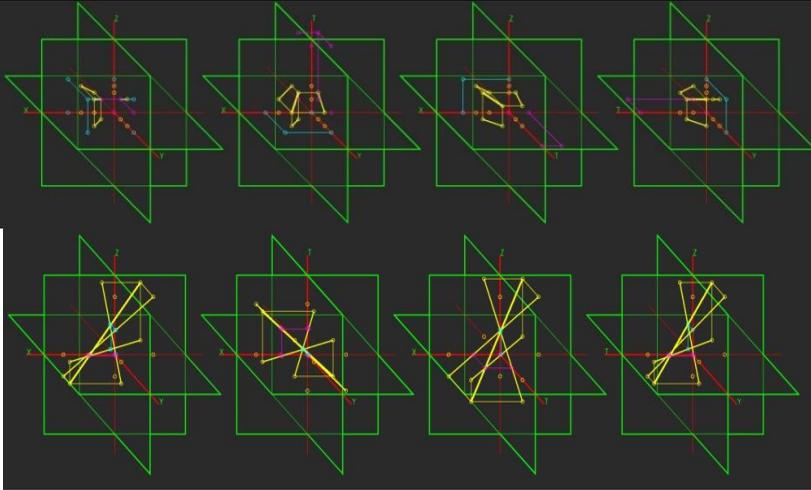


Рисунок 2 - Трехмерные проекции и следы четырехмерного отрезка при различных вариантах координат конечных точек

Видно также, насколько усложняется восприятие изображения при вводе разно знаковых значений координат конечных точек. На текущий момент программа до конца не проработана, из четырех трехмерных следов прорисованы лишь два.

В итоге можно сделать вывод, что программирование в системе NanoCAD позволяет моделировать как трехмерные объекты, так и генерировать иллюстрации абстрактных геометрических концепций.

Библиографический список

1. Математическая энциклопедия, под ред. И.М. Виноградова, М.: 1982г., издательство «Советская энциклопедия», т. 3.
2. *Берже М.* Геометрия, М.: Мир, – 1984.
3. *Филитов П.В.* Начертательная геометрия многомерного пространства и её приложения. – М.: URSS, – 2016. 282с.
4. *Хювёнен Э., Сепянен И.* Мир Лиспа, Введение в язык Лисп и функциональное программирование: Пер с фин. -Москва.: Мир, 1990.

Дёмин Кирилл Романович, студент 2 курса 17 группы ИИЭСМ
Паршакова Елизавета Андреевна, студентка 1 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук. Б.Б. Турутин

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Строительство транспортной инфраструктуры является одним из важнейших направлений строительной отрасли в любой стране и фактором, влияющим на макроэкономические показатели. Поставленные государством задачи совершенствования информационных технологий затрагивают все приоритетные направления развития в том числе строительный комплекс железнодорожного транспорта [1, 2]. В этой связи ведется работа по выполнению необходимых мероприятий для внедрения BIM-технологии и последующего масштабирования на основную часть объектов капитального строительства. Это включает в себя разработку основных необходимых программных модулей, определение порядка взаимодействия между ними, а также формирование принципов взаимодействия основных причастных подразделений компании с информационной моделью объекта [3, 4].

В рамках проведенной нами работы были изучены процессы, документы и информационные модели, проектной документации, материалы инженерных изысканий и на стадиях разработки предпроектной, проектной и рабочей документации для различных видов объектов инфраструктуры транспорта. Целью нашей работы является сравнительный анализ цифровых информационных моделей транспортной инфраструктуры при условии повышения качества процессов проектирования и необходимости интеграции проектных информационных моделей в информационную модель жизненного цикла объекта строительства.

Проведенный анализ информационных моделей показал, что существует классификация объектов на линейные, площадные и комплексные объекты. Например, автомобильная дорога может быть смоделирована в узнаваемом виде (рисунок 1), с разделительными полосами и ограждениями, упрощенно моделируются перекрытия конструкций, с помощью отдельно смоделированных элементов можно загрузить масштабные модели светофоров, опор световых приборов, ящиков, шкафов в формате 2D. Ряд проанализированных проектов является более развитым в части построения информационных моделей и содержит элементы отображения линейных объектов инфраструктуры в формате 3D. То есть со временем новое 3D моделирование вытесняет старые технологии проектирования.

На рисунке 1 показан пример модели комплексного объекта в формате 3D. Однако, применяемые технологии имеют разную степень зрелости с точки зрения структуры данных для BIM-моделей [1, 2].

Указанные технологии, как общее направление развития применяется в процессах проверки, опробования, контроля выполнения различных бизнес-процессов, а также и для повышения уровня прозрачности этих процессов на различных этапах жизненного цикла объекта строительства [3, 4].



Рисунок 1 – Пример моделирования линейных объектов транспортной инфраструктуры в формате 3D

Система стандартов в части BIM технологий определяет следующую классификацию уровней зрелости информационных моделей в ГОСТ 10.0.00-2018 [5].

Уровень 0 («неуправляемый cad»). На данном уровне зрелости технологий пользователи применяют традиционный CAD в 2D-формате. На чертежах строительные элементы изображены линиями, дугами, определяющими геометрию конструкции. Обмен данными между участниками проекта происходит на бумажном или электронном носителе.

Уровень 1. Пользователи применяют CAD в 2D – или 3D – формате. Модели первого уровня содержат в основном базовую информацию. Для обмена информацией используются электронные файлы. На этом уровне взаимодействие между участниками организовано через среду общих данных (Common Data Environment), специфицированную британским стандартом BS 1192:2007. Однако полноценного взаимодействия между участниками, относящимися к разным дисциплинам, не предусматривается.

Уровень 2. BIM-проект этого уровня представляет собой комплексную модель, над которой параллельно работают специалисты различных специальностей в различных программах. Сборка общей модели, анализ и выявление коллизий осуществляются в специальных «сборочных» программных приложениях. Предполагается ассоциированность чертежей с моделью, возможность «прогулки по модели», автоматическое обнаружение коллизий и визуализацию модели с учетом времени, планирование и управление строительством, визуализацию графика работ, определение стоимости проекта в реальном времени. Данный уровень предполагает

добавление следующих измерений: 4D (время) и 5D (стоимость). Для этого уровня предполагается формирование данных об объекте в формате COBie.

Уровень 3. На данном уровне зрелости технологий строительный проект опирается на единую интегрированную модель, которая создается и используется всеми участниками процесса – заказчиком проекта, архитектором, проектировщиком, инженерными службами, подрядчиками и субподрядчиками, собственниками здания. Это полностью интегрированные данные и интегрированный процесс, использующий веб-сервисы и совместимый с новыми стандартами Industry Foundation Classes (IFC). На этом уровне используются также взаимосвязанная модель выполнения строительных работ, информация о затратах и управление жизненным циклом проекта. Сегодня содержание требований к этому уровню весьма динамично и является предметом постоянных дискуссий специалистов, в которых совершенствуется его общее понимание.

Проанализированные нами проекты находятся на разных уровнях зрелости и, как правило, используют BIM для решения задач узкого профиля. В настоящее время, в отрасли идет процесс накопления достаточного объема знаний и опыта для постепенного перехода от первого и второго уровней зрелости, на которых большинство из них находятся в данный момент, к третьему уровню, который предполагает полностью интегрированный BIM.

Библиографический список

1. Концепция внедрения системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием технологии информационного моделирования. [Электронный ресурс] URL: <http://nopriz.ru/upload/iblock/b6f/Kontseptsiya-BIM-pervaya-redaktsiya> (дата обращения: 19.02.2024).

2. Некоторый анализ международного опыта использования BIM для объектов транспортной (железнодорожной) инфраструктуры. [Электронный ресурс] URL: <https://ardexpert.ru/article/19578> (дата обращения 19.02.2024).

3. Концепция внедрения системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием технологии информационного моделирования. [Электронный ресурс] URL: <http://nopriz.ru/upload/iblock/b6f/Kontseptsiya-BIM-pervaya-redaktsiya.pdf> (дата обращения: 11.02.2024).

4. *Кучин В.В.* Анализ цифровых экосистем, факторы, влияющие на их устойчивость в сравнении с классическими экосистемами // Тренды экономического развития транспортного комплекса России: форсайт, прогнозы и стратегии. 2021. С. 166 – 168.

5. ГОСТ Р 10.0.0-2018 «Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Основные положения. Общие требования к технологии информационного моделирования».

Евсеев Егор Петрович, студент 1 курса 51 группы ИАГ

Натальний Милан Александрович, студент 1 курса 51 группы ИАГ

Научный руководитель-

доц., канд. архитектуры, доц. А.А. Фаткуллина

ВОЗДЕЙСТВИЕ АРХИТЕКТУРНО - ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФОРМ НА ПСИХОЛОГИЮ ЧЕЛОВЕКА

Окружающая среда оказывает большое влияние на здоровье человека, поэтому важно, в каких условиях он живет. Архитектура играет особую роль в жизни каждого человека. Благодаря своей форме, состоящей из серии линий и углов, здания влияют на сознание человека, формируя его поведение в обществе [0].

Французский архитектор Ле Корбюзье назвал геометрию «...решающим жестом в процессе архитектуры, как основу для создания и упорядочивания форм, порождающих гармонию и удовлетворение, а также, целостный и творческий организм».

Прежде всего, мы должны упомянуть основные компоненты архитектурных и геометрических форм, которые передают позитивный характер окружающей среды: гармоничные сочетания форм, мягкие, плавные, спокойные, нюансированные сочетания элементов, естественные образы.

Также стоит выделить компоненты, которые передают негативный характер окружающей среды: шумовые наложения элементов, монотонность, неуправляемость окружающих элементов [0].

Симметрию можно увидеть в подавляющем большинстве зданий и сооружений, построенных в разные исторические периоды. Некоторые архитектурные объемы полностью спроектированы на основе этого приема, который непосредственно воздействует на сознание человека (рисунок 1). Симметрия придает зданию торжественность, праздничность и торжественность. В симметричной композиции пространственно фиксируются растянутые во времени структуры процессов, различающихся по важности, что способствует осознанию их иерархии. Сами композиционные оси подготавливают и усиливают ощущение торжественности и значимости происходящего [0].

Интересен эффект формы полузакрытых ниш, часто встречающийся в античной архитектуре. Это создает эффект человеческого одиночества, изоляции от внешних воздействий и погружения в себя. Мы находим эту форму в архитектурных объектах различного назначения. Это ниши-нимфы римских дворцов, ниши в стенах многих христианских церквей.

Объем и форма такой ниши, по-видимому, соответствуют биофизическим закономерностям, связанным с воздействием на человека его собственного биологического поля.

Возможно, что такое пространство каким-то образом усиливает этот эффект, заставляя человека задуматься. Здесь механизм влияния архитектурного пространства лежит в области биофизических закономерностей, а не в области психосоматики [5]. Рассматривая влияние архитектурных и геометрических форм на психологию человека, важно подчеркнуть огромную роль масштаба зданий и сооружений.



Рисунок 1 - Собор Дуомо в Милане

настроение и поведение, делая психологическими исследованиями [0].



Рисунок 2 - Здание суда округа Нью-Йорк на Манхэттене

нас чувство беспокойства или замешательства. Поэтому массивные геометрические объемы построек, созданных в сталинскую эпоху, подавляли инициативу обычного человека, говоря о том, что он всего лишь маленькая частица этого мира, страны.

«Сталинский ампир», возникший после 1932 года, был представлен монументальными, часто богато украшенными зданиями министерств, ведомств и правительственных учреждений. Такие здания образовывали

Если мы находимся в интерьере здания с высокими потолками, длинными коридорами, массивными колоннами, элементами конструкций или декора, то ощущаем свою незначительность (рисунок 2). Именно такими часто проектируют здания суда, и их вид вызывает не только ощущение собственного ничтожества перед авторитетом властей, но и влияет на нас покорными, что доказано

Говоря о важности масштаба геометрических форм в архитектуре, нельзя не упомянуть в качестве примера влияние зданий сталинской эпохи на психологическое состояние людей. Величественные размеры архитектуры того времени полностью изменили мировоззрение человека. Как упоминалось ранее, огромные конструкции могут вызывать у

ритуальные ансамбли в центрах советских городов, похожие на храмы. Сходство с культовой архитектурой усиливалось тем, что главные улицы вели к центральным площадям, которые дважды в год - 7 ноября и 1 мая - предназначались для празднично организованных демонстраций. Различия между масштабами зданий также могут упростить навигацию. Например, в ту же сталинскую эпоху был доминантный подход в архитектуре. Он заключался в четком структурировании города: наиболее важными и массивными зданиями были административные здания, а также жилые дома видных членов партии. Эти здания своими ярко украшенными фасадами выходили на главные улицы города, площади, скверы и так далее. За ней здания были несколько попроще и ниже, а еще дальше здания были вообще без украшений и низкой этажности (рис. 3). Благодаря такому геометрическому наклону этажей в городе были сформированы доминанты, которые упростили городскую навигацию. Стоит отметить, что, хотя в сталинских зданиях было много декоративных элементов, таких как скульптуры и картины, каждое здание нельзя назвать сломанным и несобраным, напротив, каждое здание представляет собой законченный геометрический образ. Это повлияло как на геометрические параметры (масштаб, геометрически выверенная сетка улиц), так и на цветовую гамму для создания целостного образа столицы [0].



Рисунок 3 - Ленинский проспект в Москве

Также важно влияние архитектурных и геометрических объемов на социальные связи населения. Рассмотрим, например, изменения в социальных отношениях между людьми в нашей стране от дореволюционной России до упадка советского государства. В Царской России подавляющее большинство жилых домов были малоэтажными, а чаще всего и вовсе рассчитывались на одну семью. Поэтому взаимодействие жителей в таких домах было максимальным. Здесь стоит отметить, что уровень социальной ответственности жителей в таких условиях повышается, поскольку каждый из них понимает, что, если он или она совершит правонарушение, жителям этого дома не составит труда догадаться, кто совершил это правонарушение. В сталинскую эпоху архитектура нашей страны начала приобретать новые характерные черты. Она стала более сложной и характеризовалась многоквартирными домами. Это радикально изменило социальные связи между людьми, отдалив их друг

от друга. В современном мире наметилась тенденция к снижению качества архитектуры. Экономия денег и времени приводит к упрощению форм и снижению ценности каждого здания как уникального геометрического объема. Современный человек окружен однообразными зданиями одинаковой формы (рис. 4). Например, современные жилые комплексы имеют типичный внешний вид: жилые дома образовали двухквартирное внутреннее пространство, ограниченное зданиями одинаковой высоты, а смежные внутренние пространства идентичны по организации. Поэтому, переходя из одного полузакрытого, прямолинейно ровного двора в другой, в третий и видя похожие объемы и их чередование во всех промежутках, человек чувствует себя дезориентированным, потерянным.



Рисунок 4 - КОШЕЛЕВ- Проект в г. Калуга

Также человек, проживающий в современных многофункциональных жилых комплексах, может получить большое количество необходимых ему услуг, не выходя непосредственно из здания, в котором он проживает. Поэтому современный человек довольно мало времени проводит на улице, что негативно сказывается на его психическом здоровье. Потому что благодаря солнцу в нашем организме

вырабатываются серотонин и мелатонин, отсутствие которых приводит к осенней меланхолии и сбою биологических часов. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что основная задача современных архитекторов и градостроителей - найти компромисс между создаваемыми ими геометрическими формами и окружающей средой, поскольку качество жизни, работоспособность и благополучие человека улучшаются благодаря гармонии архитектуры и природы.

Библиографический список

1. *Забельшанский Г.Б., Миневрин Г.Б., Раппапорт А.Г., Сомов Г.Ю.* Архитектура и эмоциональный мир человека. - 1-е изд. - Москва: Стройиздат, 1985. - 208 с.
2. *Эллард, Колин* Среда обитания. Как архитектура влияет на наше поведение и самочувствие. - 3-е изд. - Москва: Альпина Пабlisher, 2016. - 288 с.
3. *Шилин В.В.* Архитектура и психология. Краткий конспект лекций. – Н.Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 2011. – 66 с.
4. Сталинская архитектура и сталинская идеология. Archi.ru URL: <https://archi.ru/elpub/91657/stalinskaya-arkhitektura-i-stalinskaya-ideologiya> (дата обращения: 04.11.2023).

*Ершова Елизавета Дмитриевна, студентка 1 курса 41 группы ИАГ
Научный руководитель -
доц., канд. пед. наук, доц. Т.Ф. Турутина*

ОСОБЕННОСТИ ГЕОМЕТРИИ УНИКАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Архитектура и геометрия – два взаимосвязанных определения. Еще в XIX веке французский архитектор, художник и дизайнер Ле Корбюзье выразил очень правильное сочетание архитектуры и геометрии: «Окружающий нас мир – это мир геометрии чистой, истинной, безупречной в наших глазах. Все вокруг – геометрия. Никогда мы не видим так ясно таких форм, как круг, прямоугольник, угол, цилиндр, выполненных с такой тщательностью и так уверенно» [2]. Современная архитектура все больше и больше удивляет нас своими формами, здания приобретают различной степени сложность, превращаясь в настоящие геометрические шедевры, каждое приобретает свою уникальность. Очевидно, что многие архитектурные объекты отличаются четкой геометрией, в то время как другие обладают более изящными и плавными формами. Тип зданий с четкими формами отличается точностью, их основу составляют геометрические фигуры в виде различных многоугольников [1]. В то время как в других зданиях практически отсутствуют углы, тем самым здание становится плавным и динамичным для восприятия.

Особое внимание хочу уделить современным технологиям и материалам, которые используются в архитектуре и могут подчеркнуть стилистические особенности здания. Обращаясь снова к истории, архитектор Ле Корбюзье говорил об истории архитектуры, как об истории борьбы за окна. Сегодня качество и характеристики стекла, инновационные и энергоэффективные решения, оригинальное сочетание с другими строительными материалами позволяют архитекторам воплощать в жизнь самые смелые идеи. Использование стекла в современных проектах обусловлено многими факторами. Сплошное остекление дает возможность создавать просторные, светопропускаемые пространства, которые наполняются светом и воздухом. Такое решение зрительно увеличивает интерьер, объединяет внешнее и внутреннее пространство. И речь идет не только о прямых стеклах, все больше и больше архитекторы успешно применяют искривленное стекло в своем дизайне [4]. Ведь оно привлекает свое внимание уникальной эстетикой, а здания обретают особую архитектурную ценность за счет своей плавной формы. Впечатляя и удивляя своей элегантностью, гнутое стекло играет значимую роль в проектировании целых стеклянных фасадов зданий.

Наш фокус сосредотачивается на здании НТВ, особенностями которого являются одновременно четкие и гибкие формы объемного фасада из зеленого витражного стекла. Дизайн напоминает перевернутую призму, здание как бы расширяется вверх [3].

По словам вице-президента Союза архитекторов России и заслуженного архитектора России Игоря Воскресенского «Медиацентр выдержан в стиле единого кристалла, состоящего из множества «сот»-витражей». Действительно, объемные ячейки такого фасадного остекления вызывают ассоциации с ограненным изумрудом. Стоит отметить, что уникальная система структурирования фасадов требовала при реализации этого проекта привлечение не менее уникальных специалистов.

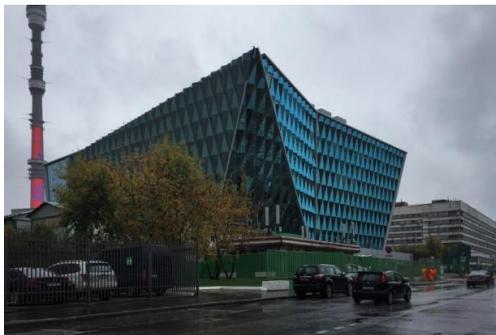


Рисунок 1 - Будущее здание главного офиса телеканала НТВ

Четкие формы преобладают в фасаде всего здания, а плавные и гибкие стекла применены к главному входу (рисунок 2).

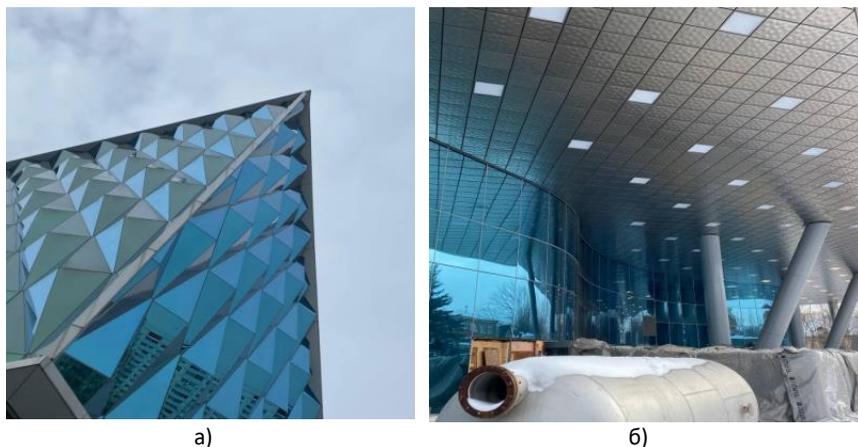


Рисунок 2 – Элементы здания:

- а) Фасад здания,
- б) Главный вход здания

Еще одной «изюминкой» этого здания является девятиэтажный атриум с прозрачной крышей, выполненной также в виде сот.

Стеклянная кровля напичкана огромным количеством высокотехнологичного оборудования, в том числе системой снеготаяния, позволяющей подогревать остекление и поддерживать светопрозрачность даже в зимний период года.



Рисунок 3 - Стеклянная кровля здания НТВ

Необычный фасад данного здания играет большую роль в привлекательности и узнаваемости объекта. Но важно понимать, что такой внешний вид несет за собой множество сложных нюансов. Например, эксплуатация здания, усложненный клининг фасадов, ремонт, обслуживание и замена стеклопакетов.

Таким образом, исследования особенностей геометрии уникальных зданий показали, что здания включают в себя не только идею, эмоции и чувства архитектора, но и удобство в использовании и эксплуатации.

Библиографический список

1. Суррун Л.И., Игошева Е.Д., Геометрия и архитектура [Электронный ресурс] // Вестник Евразийской науки: [Электронный ресурс] URL: <https://esj.today/PDF/18SAVN119.pdf> (дата обращения: 16.02.2024).
2. Fatima Akhmetdinova, Разнообразие геометрических форм в архитектуре XX-XXI века, [Электронный ресурс] URL: <https://deziign.com/project/8f608d1d6f0d413485fdc056260d7135> (дата обращения: 16.02.2024).
3. Новый телецентр НТВ, [Электронный ресурс] URL: <https://dzen.ru/a/Xvj8iAnsYxJbMknf> (дата обращения: 16.02.2024).
4. Использование гнутых стекол в современной городской архитектуре, [Электронный ресурс] URL: https://www.donnews.ru/Ispolzovaniya-gnutyh-stekol-v-sovremennoy-gorodskoy-arhitekture_124181 (дата обращения: 16.02.2024).

Загидуллина Милана Артемовна, студентка 1 курса 8 группы ИПГС
Урвачев Иван Борисович, студент 1 курса 8 группы ИПГС
 Научный руководитель –
 ст. преподаватель **Е.А. Стенура**

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ФОРМЫ В ТРАДИЦИОННОЙ АРХИТЕКТУРЕ ИРАНА

Одним из древнейших сооружений древней Персии является частично сохранившийся до наших дней дворцовый комплекс Персеполя - древнеперсидского города, строительство которого было начато царем Дарием I около 520-го года до нашей эры и продолжалось до 460 г. до н.э. Величественный ансамбль (рисунок 1, а, б), расположенный на естественной скальной платформе, размерами 300 на 450 метров, возвышавшейся над долиной на 18 метров, состоял из величественных лестниц, гигантских ворот, украшенных статуями крылатых быков; прямоугольных площадей и огромных дворцовых залов – ападана, где происходили торжественные приемы [3]. В архитектуре Персеполя намечена главная традиция Иранского зодчества: строгая и выверенная симметрия планировок ансамблей, конструкций зданий и декоративных элементов. Геометрически здания Персеполя тяготеют к простым формам параллелепипедов с плоскими кровлями, а прямоугольная планировка дорог и площадей подчеркивает монументальность, простоту и четкость форм зданий [1]. Так, например, квадратная в плане ападана Ксеркса имеет размеры 62.5 на 62.5 метра; она обрамлена с трех сторон двойными 12-ти колонными портиками с высотой колонн 18 метров. Строительными материалами для зодчих служили каменные блоки, кирпич и, в небольшом количестве, дерево.



а



б

Рисунок 1 – Персеполис: а) Современный вид, б) Реконструкция

В Древней Персии последователи религии зороастризма, в начале нашей эры, сооружали культовые здания – святилища (чортак), где поддерживался священный огонь (рисунок 2). Эти сооружения, квадратные в плане, имели стены с четырьмя сквозными полукруглыми арками, на которые опирались

небольшой купол, установленный на основание в виде параллелепипеда, с небольшими отверстиями для выхода дыма. Геометрически четкое решение, продуманное до мелочей, в дальнейшем вошло как составная часть в конструкции дворцовых зданий и мечетей. До наших дней частично сохранились дворцы в Фирузабаде (223 г. н.э.) (рисунок 3) и Ктесифоне, где используется симметричная, прямоугольная планировка ансамбля и квадратный в плане модуль с куполом (чортак).

С приходом в VII веке ислама, вследствие вхождения Персии в Арабский Халифат, началось активное строительство мечетей, медресе, мавзолеев, а также гражданских сооружений – дворцов, караван-сараяв, базаров, крепостей. Геометрический принцип, связанный с сакральными функциями культовых сооружений, использованием опыта древнеиранских зодчих, снова был главенствующим в пространственных формах сооружений. Он основывался на повторении, масштабировании, наложении, поворотах, пересечениях простых геометрических фигур: треугольников, квадратов, других правильных многоугольников и окружностей. Планировка, композиция, орнамент всегда выполнялись на основе прямоугольной (реже косоугольной) сетки. Применение многоцветных, сложных геометрических орнаментов в отделке стен и потолков стало характерной чертой Иранской архитектуры [1].

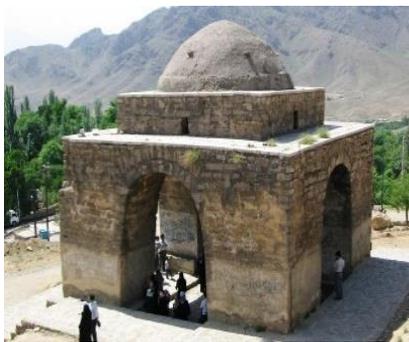


Рисунок 2 - Зороастрийское святилище

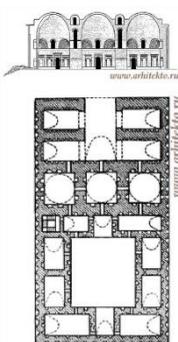
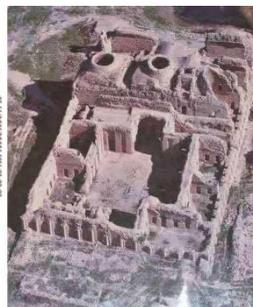


Рисунок 3 - План, разрез и остатки дворца



Дворец в Фирузабаде, 223 г. н.э.
(55,5 x 103,5 м)

Важное значение придавалось ориентации главных осей ансамбля. Дальнейшее развитие получило строительство куполов. Купол был вертикальной доминантой ансамбля мечети, его пространство имело особое сакральное значение. Абрис купола, опирающегося на барабан, постепенно эволюционировал от простого циркульного, затем килевидного, до луковичного. Угловые переемы внутренних конструкций постепенно превращались в сложные сталактитовые структуры, богато украшенные орнаментами из изразцовой плитки. Со временем происходит расслоение купола, начинающееся от центра: внутренний свод остается привычной высоты, а еще один – внешний, отрывается от него и становится все выше.

Еще одним важнейшим элементом мечети является михраб. Это молитвенная ниша, часто цилиндрической формы, перекрытая конхой, которая, постепенно усложняясь, превращалась в сталактитовый свод. На михрабе завершается главная ось ансамбля мечети. Все внутреннее пространство ориентировано на михраб, расположенный со стороны Мекки. Движение посетителей задавалось особым построением всего ансамбля: главный вход – айван или пиштак, это большой портал с входной аркой подковообразной или стрельчатой формы, [5] затем прямоугольный внутренний двор с водоемом, окруженный внутренними галереями и, наконец, сама мечеть с михрабом (рисунок 5). Особое значение в геометрии сооружений придавалось отражениям. Высота купола, отраженного в водоеме двора, зрительно увеличивалась, придавая особенную величественность зданию, а игра света и тени оживляла весь ансамбль [2]. Еще одним видом культовых сооружений были мавзолеи, планировка их выполнялась на основе квадрата, восьмиугольника или круга. Основной объем завершался куполом. Богатый декор, выполнявшийся с помощью изразцовых орнаментов, дополняли зеркала, которым придавалось символическое значение: создание ощущения божественного присутствия в виде потока света. В целом, симметрия, как основной принцип традиционной Иранской архитектуры, считалась проявлением божественной гармонии. Симметрию усиливали отражения в зеркалах или водоемах. Символика зеркала для иранских зодчих была связана с божественной природой света - проявлением Бога в материальной среде.



Рисунок 4 - Интерьер мечети



Рисунок 5 - Мечеть Насир аль Мульк

В светском строительстве также применялся замкнутый тип композиции, характерный для культовых сооружений: с внутренним двором и водоемом. В качестве примера можно привести дворец Голестан в Тегеране (XVI в.) или дом Боруджериха (XIX в.) в Кашане (рисунок 6 г). Характерной чертой светской архитектуры Ирана является перекрытие больших залов куполом с круглыми световыми проемами [4]. Этот прием встречается многократно: в освещении дворцовых залов, крытых базаров и других больших пространств. Замечательным примером такого рода архитектурных приемов служат интерьеры шахского дворца Голестан, а также мечеть -мавзолей Шах-Чорах (рисунок 6 а) –«Зеркальная мечеть». Символом современного Ирана

стала башня Азади в Тегеране (рисунок 6 в), возведенная в честь 2500-летия Персидской Империи по проекту Хоссейна Аманата, тогда 24-летнего студента Тегеранского университета. Силуэт башни, стремящейся ввысь, напоминает сложенные в молитвенном жесте руки. Башню Азади называют «воротами в Тегеран». Она имеет 30-ти метровую высоту, облицована мраморными блоками и является доминирующим центром площади, украшенной водоемом и садами.



а

б

в

Рисунок 6 - Использование света и отражений в архитектуре Ирана: а) Зеркальная мечеть-мавзолей Шах-Чорах, б) Дом Боруджериха, в) Башня Азади

Выводы. Использование строгих геометрических форм в конструкциях, планировке и отделке связано не только с практическими целями, но и глубоким философско-религиозным содержанием, которым зодчие Ирана наполняли архитектурные образы.

Поклонение огню и свету солнца, свойственное древнейшим обрядам религии зороастризма, выразилось в традиции активного применения отражений зданий в зеркале воды, как общей концепции усиления архитектурного образа.

Библиографический список

1. *Вергазов Р.Р.* Официальный стиль Ахеменидов и его отражение в искусстве северных сатрапий на материале архитектуры // Проблемы истории, филологии, культуры - 2017.- № 2.- С. 294-306.
2. *Айсан Даруди* Архитектурная специфика суннитских и шиитских мечетей Ирана // Манускрипт. Тамбов: Грамота. 2020.- Том 13.- Выпуск 5.- С. 204-208. ISSN 2618-9690.
3. *Мухаметзянов М.С.* Персеполь как памятник всемирного культурного наследия в Иране // Исторические науки. – 2020. – Том 4.- №3. - С.99-107.
4. *Реза Мирзаи* Особенности традиционной иранской архитектуры исламского периода // Архитектура. -2009.- №2.- С.59-62.
5. *Рашид Калвир Ходжатулла* Айван как традиционная форма в архитектуре Передней Азии // Архитектура, 2008. - № 1. – С. 74–81.

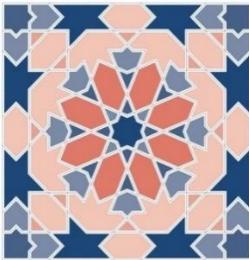
*Зонов-Гостев Руслан Павлович, студент 1 курса 57 группы ИАГ
Научный руководитель –
ст. преподаватель И.М. Гусакова*

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ РУССКОГО ОРНАМЕНТА

В современной России существует большое количество памятников русского зодчества и фольклора, которые притягивают интерес современников, так как они отражают исторические особенности развития народного художественного промысла, одним из ярких представителей которого является орнамент. Он вызывает интерес вследствие того, что русское прикладное творчество богато узорами, такими как гжельский узор, хохлома, жостовский узор и другие.

Особенно важно рассмотреть архитектурный орнамент: он имеет воплощение в деревянном зодчестве, в росписи храмов, в декорировании фасадов и т.д.

В сравнении с орнаментами других народов, русский орнамент с геометрической точки зрения преимущественно состоит из кривых линий, поддающихся определённым закономерностям (рисунок 1). Если, к примеру, в арабском мире «гирих» представляет собой в большинстве случаев гранные геометрические фигуры, то у нас таких примеров практически не найдется. В каком-то роде это усложняет точное геометрическое построение формы орнамента [2,3].



а



б



в

Рисунок 1 – Русский орнамент:

- а) Гирих. Гранные геометрические фигуры,
- б) Орнамент потолка храма Василия Блаженного,
- в) Деревянная русская резьба. Преобладание кривых форм, то есть сопряжений

В целом в литературе можно встретить работы, выполненные в ручной графике, или схемы прорисовки узоров. В каком-то роде такой подход не отражает геометрических смысл построения, но даёт представление о характере формы.

Для рассмотрения построения малой части орнамента возьмём фреску собора Василия Блаженного, выполненную в виде растительного орнамента (рисунок 2, 3). При построении орнамента важно разбить форму на кривые, образованные через 2-4 окружности (то есть сопряжения их дуг), на отдельные обособленные окружности без сопряжения, а также прямые.

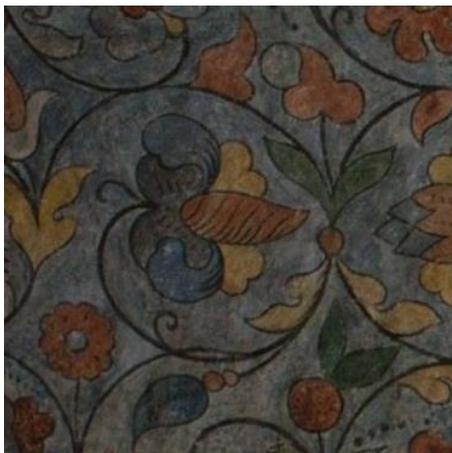


Рисунок 2 - Фреска собора Василия Блаженного

Попробуем построить лепесток с помощью двух кривых, образованных сопряжениями, и окружностью. Для построения была использована программа папoCAD

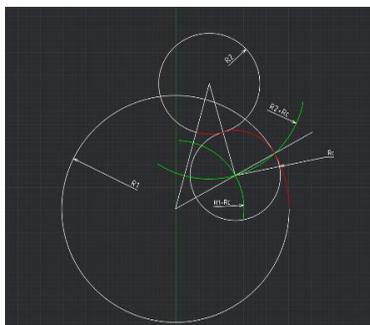


Рисунок 3 – Начало построений

Для внешней кривой нужно построить смешанное сопряжение, поскольку форма лепестка имеет сначала выпуклую форму, в переходящую вогнутую форму. Для этого из окружности с радиусом R_1 проводим окружность радиусом $R_1 - R_c$, из центра окружности радиусом R_2 проводим

окружность радиусом R_2+R_C . Точка пересечения построенных окружностей является центром дуги сопряжения. Нижняя часть кривой (рисунок 4, 5) представляет собой часть обособленной окружности и сопряжение двух окружностей с одинаковым радиусом [4].

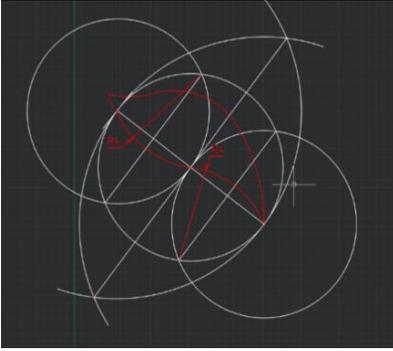


Рисунок 4 – Продолжение построений

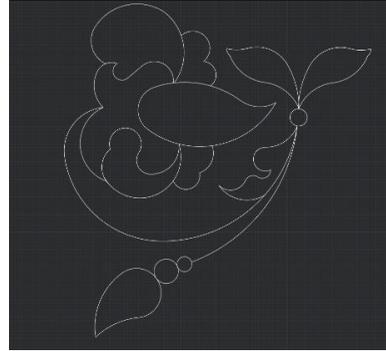


Рисунок 5 - Простроенная часть орнамента фрески собора Василия Блаженного

Таким образом, мы построили лепесток, который состоит из двух кривых и окружности. Разбирая каждый элемент по отдельности, можно построить любой тип русского орнамента, состоящего из кривых линий. Важно выделить эстетическое и практическое значение геометрического построения русского орнамента. Наравне с тем, что при его построении можно улучшить навыки черчения и построения сопряжений как в ручной графике, так и в компьютерной, данные построения важны и в реставрации, поскольку дают понять закономерности узоров фрески, деревянной резьбы и т.д. Для моделирования русских народных зданий в компьютерной графике, такие построения могут выделить её декоративность, то есть наполнить её прикладным художественным содержанием [1].

Библиографический список

1. *Бесчастнов Н.П.* Художественный язык орнамента. // М.: Гуманитар , изд. центр ВЛАДОС, 2010. — 335 с.
2. *Ивановская В.И.* Русские орнаменты. М.: «В. Шевчук», 2006. — 223 с.
3. *Jay Bonner, Craig Kaplan,* Islamic Geometric Patterns, Their Historical Development and Traditional Methods of Construction. Springer, 2017. — 595 p.
4. *Белоенко Е.В., Франковский Б.А.,* Сопряжения. Томск.: ТПУ 2011. 36 с.

*Каменев Дмитрий Владимирович, студент 2 курса 23 группы ИЭСМ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук А.В. Иващенко*

ТОРЫ В N-МЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

Как определено указано в математической энциклопедии «с топологической точки зрения тор произведение двух окружностей...» и далее «...многомерный тор – топологическое произведение нескольких экземпляров окружности» [1].

Вначале рассмотрим топологические свойства открытого тора в трехмерном пространстве (т.е. такого, у которого радиус направляющей окружности больше радиуса образующей окружности).

Такой тор, также как и сфера, представляет собой двумерную ориентируемую поверхность без краев. Тор ограничивает замкнутый объем пространства – полноторие, также как и сфера ограничивает шар. Ориентируемая поверхность – это значит, что поверхность имеет две стороны, и ее можно покрасить двумя разными красками (например, изнутри красной, снаружи белой). Бывают и неориентируемые поверхности, например лист Мёбиуса, проективная плоскость, бутылка Клейна – это все односторонние поверхности. Без краев – это значит, что все точки этой поверхности являются "внутренними", т.е. локальная окрестность этой поверхности представляет собой открытый круг (без ограничивающей окружности). В отличие, например, от замкнутого круга или от ленты Мёбиуса.

Топологи говорят, что тор представляет собой произведение двух окружностей (направляющей и образующей).

Теперь об отличиях тора от сферы: сфера является односвязной поверхностью (т.е. такой поверхностью, на которой любой замкнутый путь можно стянуть в точку непрерывными деформациями), в то время как тор – многосвязной (например, параллели тора не стягиваются в точку, из-за "дырки"). Кроме того, на существуют замкнутые пути, которые невозможно перевести один в другой непрерывными деформациями – например, меридианы и параллели на поверхности тора. И, наконец, эйлерова характеристика для сферы равна 2, а для тора 0. Эйлерову характеристику для любой двумерной поверхности можно вычисляется так. Если это не гранная поверхность, то проводим ее аппроксимацию многоугольной сетью, затем считаем в ней количество вершин (В), граней (Г) и ребер (Р), и вычислим выражение $B + G - P$.

Чтобы представить себе топологические свойства тора, рассмотрим квадрат, с отождествленными противоположными сторонами. Если попытаться реально склеить такой тор, то после первой склейки получил

фрагмент цилиндрической поверхности, и вторая склейка без деформаций уже не получится.

Но если представлять себе, что границы отсутствуют, то можно легко оперировать с такими псевдоразвёртками тора. Так, например, существуют шахматные задачи на торической доске (отличительная особенность таких шахмат в том, что сила действия фигуры не завит от того, где она находится - в центре или в углу доски, поскольку у такой доски нет ни углов, ни краев).

Теперь рассмотрим торы (рисунок 1) с точки зрения дифференциальной геометрии, которая изучает кривизну поверхностей в точках, различая точки по числу касательных плоскостей, проведенных в ней в поверхности, и кривизну поверхностей в целом. И поэтому открытые, закрытые и торы с самопересечением существенно различаются (открытый тор не имеет особых точек, закрытый тор имеет одну особую точку самоприкосновения, тор с самопересечением имеет две особые точки самопересечения). Любой тор имеет области с точками положительной, нулевой и отрицательной гауссовой кривизны. Поверхность отрицательной кривизны невозможно расплестать на плоскости без складок, в то время как поверхность положительной кривизны – без разрывов. Поверхность нулевой гауссовой кривизны можно развернуть на плоскость, но у торов точки нулевой кривизны расположены только лишь на верхней и нижней хребтовой окружностях. С точки зрения обычной стереометрии тор обладает тем особым свойством, что в любой его точке можно провести 4 окружности (один меридиан, одну параллель, и две окружности Вилларсо).

Кроме того, сечение тора представляет собой плоскую кривую 4-го порядка, которая в особых частных случаях распадается на две концентрические или две разнесенные или две пересекающиеся окружности. Также в частных случаях в сечении можно получить лемнискату Бернулли и кривые Персея. Алгебраическое уравнение тора (двумерной торической поверхности в трехмерном пространстве) в декартовых координатах приведено в [2]:

$$(x^2 + y^2 + z^2 + R^2 - r^2)^2 - 4R^2(x^2 + y^2) = 0$$

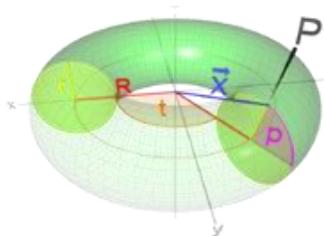


Рисунок 1 – Кинематический способ образования тора движением образующей окружности вдоль направляющей

В одномерном пространстве тор является окружностью, которую можно интерпретировать как отрезок с отождествленными концевыми точками. С точки зрения дифференциальной геометрии тоже имеются существенные отличия от двумерного тора – все точки окружности имеют одинаковую кривизну (положительную), и при этом окружность можно расплать по прямой без складок и разрывов.

В четырехмерном пространстве существуют два вида торической поверхности: аналог двумерной торической поверхности (только вместо образующих окружностей в таком торе будут образующие сферы) и так называемый тор (рисунок 2) Клиффорда [3].

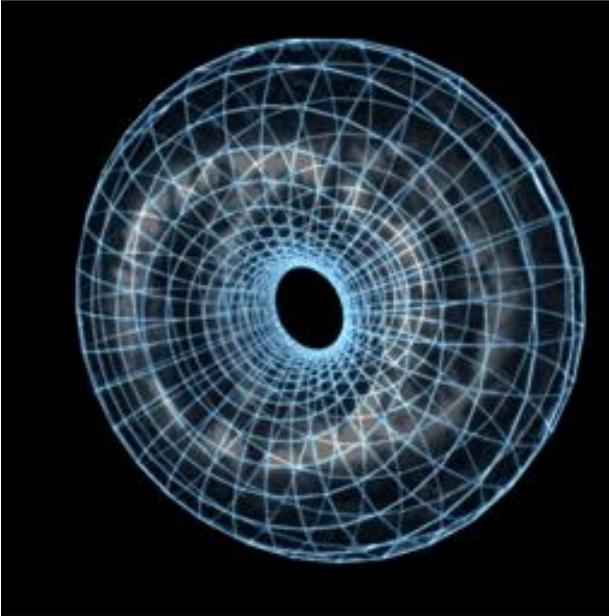


Рисунок 2 – Трехмерная проекция тора Клиффорда

В декартовых координатах тор Клиффорда описывается системой уравнений:

$$x^2 + y^2 = z^2 + t^2 = const$$

Нужно упомянуть о том, что уравнение тора Клиффорда можно получить, используя комплексные координаты z_1 и z_2 :

$$|z_1|^2 = |z_2|^2 = const$$

Одно из свойств этого тора заключается в том, что он разбивает трехмерную сферу на две равные области. Другое неожиданное свойство

тора Клиффорда – это гиперповерхность нулевой кривизны, т.е. его можно распластать в плоскость.

Некоторое представление о топологии трехмерного тора может дать соединения восьми кубов, приведенное на рисунке 3 [4]. Видно, что любая точка в таком торе является внутренней, и ничем не отличается от любой другой точки. Но в отличие от трехмерной сферы, локальные окрестности точек которой устроены таким же образом, трехмерный тор отличается эйлеровой характеристикой.

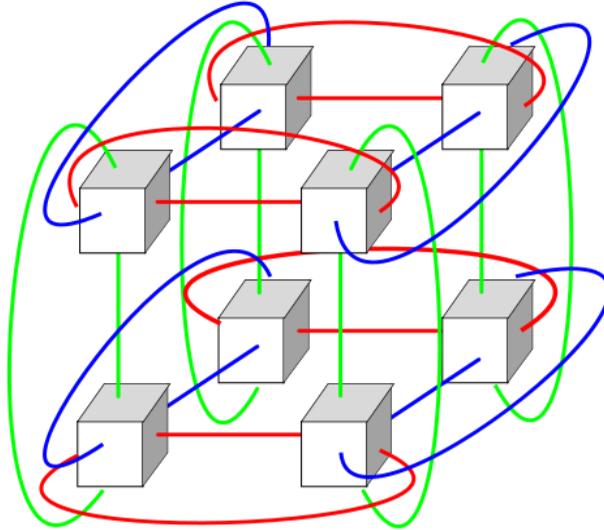


Рисунок 3 – Схема топологической структуры трехмерного тора

Торы существуют в пространстве любого числа измерений, и в определенном смысле проще сфер.

Библиографический список

1. Математическая энциклопедия, под ред. И.М. Виноградова, М.: 1982г., издательство «Советская энциклопедия», т. 5.
2. [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (поверхность) (дата обращения: 12.02.2024).
3. [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> Тор_Клиффорда (дата обращения: 12.02.2024).
4. [Электронный ресурс] URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:2x2x2torus.svg> (дата обращения: 12.02.2024).

Киселев Алексей Романович, студент 2 курса 41 группы ИЭСМ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук **А.В. Иващенко**

ТРЕХМЕРНАЯ СФЕРА В ЧЕТЫРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Как указывал П.В. Филиппов «...ценность методов начертательной геометрии многомерного пространства заключается в том, что они могут сделать возможным наглядное изображение функциональных зависимостей, в которых число переменных больше трех» [1]. Кроме одномерных, двумерных и трёхмерных пространств, которые мы наблюдаем в повседневной жизни, можно представить, что существует и четырёхмерное пространство, которое хоть и не может быть непосредственно визуализировано, но может быть представлено с помощью моделей и аналогий. При этом необходимо учитывать, что четырёхмерное пространство является абстрактным математическим концептом и используется в науке и технике для решения определённых проблем и моделирования сложных систем. Так, например, физики считают, что «...многомерный геометрический подход... вскрывает лишь вершину айсберга физической реальности...» [2].

Рассмотрим один из четырёхмерных объектов – трёхмерную сферу или гиперсферу. Трёхмерная сфера в четырёхмерном пространстве может быть представлена как множество точек, находящихся на фиксированном расстоянии от центра в четырех измерениях. Это аналог обыкновенной двумерной сферы в трехмерном пространстве. Для определения трёхмерной сферы необходимо задать ее радиус и координаты центра. В четырёхмерном пространстве это число, которое определяет расстояние от центра до любой точки, лежащей на трёхмерной сфере (при нулевом радиусе гиперсфера вырождается в точку). Трёхмерная сфера обладает симметрией относительно центра и любой оси, проходящей через центр. Это означает, что любая точка на сфере имеет такое же расстояние до центра, как любая другая ее точка. Сечение трёхмерной сферы в четырёхмерном пространстве представляет собой пересечение гиперсферы с трёхмерной плоскостью (гиперплоскостью) и может иметь различные формы, в зависимости от положения гиперплоскости относительно гиперсферы. И сечение гиперсферы будет являться трёхмерным объектом. Это значит, что сечение будет представлено в трехмерном пространстве и может быть визуализировано как объемная фигура. Изучение гиперсферы и ее сечений в четырёхмерном пространстве является сложной задачей, поскольку наше человеческое восприятие ограничено трехмерным пространством. Однако, с помощью некоторых математических моделей и визуализаций, мы можем получить представление о форме и свойствах гиперсферы и ее сечений в четырёхмерном пространстве.

Трёхмерная сферы является трёхмерным аналогом обыкновенной двумерной сферы в трехмерном пространстве. То есть, в четырехмерном пространстве она также представляет собой множество точек, расположенных на определенном расстоянии от центра, и имеет симметричную форму. Главное отличие трёхмерной сферы заключается в ее размерности. Гиперобъем гипершара, ограниченного трёхмерной сферой вычисляется по формуле:

$$V = (\pi^2/2) \times r^4$$

где V - гиперобъем, π - число пи, r - радиус гиперсферы.

Аналитический метод: Уравнение трехмерной сферы радиуса R с координатами центра x_c, y_c, z_c, t_c имеет вид:

$$(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2 + (z-z_c)^2 + (t-t_c)^2 = R^2$$

Геометрический метод: В четырехмерном пространстве гиперсфера имеет 4 измерения (x, y, z, t). Вначале задаём центр гиперсферы и радиус. Затем строим четырехмерный вектор длиной R от центра гиперсферы в произвольном направлении. Таким образом можно получить любую точку на поверхности гиперсферы. Графическое изображение трехмерной сферы сложно представить на обычном двумерном рисунке, но есть некоторые методы визуализации таких объектов. Один из способов – это центральное проецирование, которое часто используется в изображениях трехмерных объектов на двумерной плоскости, чтобы придать им иллюзию глубины и объемности. Этот метод можно применить и для четырехмерных объектов, представив четвертую координату в виде параметра. Другой способ – это представить четырехмерный объект в виде его поперечных сечений в трехмерном пространстве. Идею стереографической проекции можно понять из приведенного ниже рисунка 1, показывающего проецирования окружности на прямую.

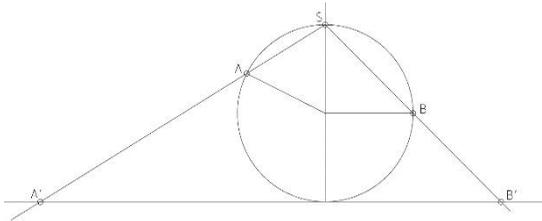


Рисунок 1 – Стереографическая проекция окружности на прямую

Таким образом можно представить гиперсферу в виде ряда шаров, увеличивающихся или уменьшающихся с изменением значения четвертой

координаты. Третий способ – стереографическая проекция, которая отображает трехмерную сферу (четырёхмерный объект) на трехмерное пространство.

Еще мы можем аппроксимировать трёхмерную сферу 600-ячеечным, показанном на рисунке 2, подобно тому, как поверхность многогранника аппроксимирует двумерную сферу или граница многоугольника – окружность.

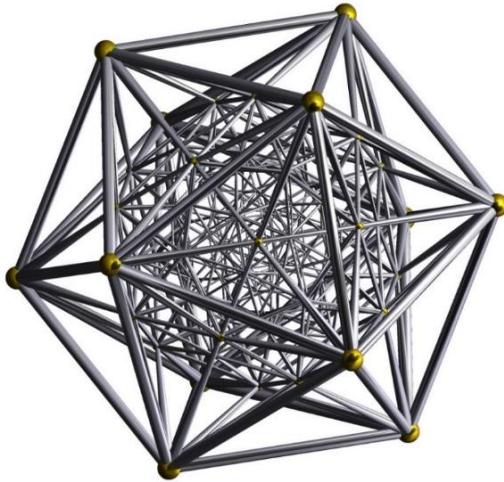


Рисунок 2 – Шестисотячеечник

Но все же «... в многомерной геометрии изобразить или получить модели многомерных фигур гораздо сложнее, чем для плоских или пространственных фигур» [3].

Библиографический список

1. *Филиппов П.В.* Начертательная геометрия многомерного пространства и её приложения. – М, URSS, 2016. 282 с.
2. *Владимиров Ю.С.* Геометрофизика, М.: Бином, лаборатория знаний, 2012.
3. *Смирнова И.М., Смирнов В.А.* Четырёхмерная геометрия. Элективный курс. – 2016. 184 с.
4. [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/articles/456296/> (дата обращения: 10.02.2024).
5. [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Трёхмерная_сфера (дата обращения: 10.02.2024).

*Лёвкин Данил Андреевич, студент 1 курса 23 группы ИЭСМ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук А.В. Иващенко*

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕКЦИИ ЧЕТЫРЕХМЕРНОГО ГИПЕРКУБА В NANOCAD

П.В. Филиппов писал «...ценность методов начертательной геометрии многомерного пространства заключается в том, что они могут сделать возможным наглядное изображение функциональных зависимостей, в которых число переменных больше трех» [1].

Кроме одномерных, двумерных и трёхмерных пространств, наблюдаемых в повседневной жизни, можно представить, что существует и четырёхмерное пространство, которое хоть и не может быть непосредственно визуализировано, но может быть представлено с помощью моделей и аналогий.

В этой статье рассмотрим моделирование правильного политапа – аналога куба в четырёхмерном пространстве, и построение модели его трёхмерной проекции в программе NanoCAD. «Правильные многогранники более многочисленны в малых размерностях, чем в больших» [2].

Четырёхмерный гиперкуб, или тессеракт, как его еще называют, представляет собой 8-ячеечник, границами которого являются 8 кубов. У гиперкуба 16 вершин, 32 ребра и 24 двумерные грани.

Его проекции на трёхмерное пространство могут быть ортогональными, центральными и стереографическими. Ортогональные проекции особого интереса не представляют, т.к. это кубы. Стереографическая проекция дает очень сильные искажения (в том числе прямые отрезки переходят в дуги), и поэтому не очень подходят для нашей задачи.

Наиболее наглядное представление об этом интересном объекте дает нам центральная проекция, при которой можно почувствовать топологическую структуру тессеракта. Но выбор типа проекции еще не обеспечивает нужный результат, т.к. в некоторых случаях проекция вершин проецируемого объекта может уходить в бесконечность [3].

Поэтому мы выбрали такой вариант центрального проецирования, при котором трёхмерная проекция будет максимально симметрична, т.е. внутренний и внешний кубы границы тессеракта остаются неискаженными, а остальные шесть искажаются симметрично и превращаются в усеченные пирамиды.

Можно представить себе, что трёхмерная проекция будет состоять из двух кубов разного размера, ориентированных таким образом, чтобы их ребра были параллельны, а центры обеих описанных сфер совпадали.

Таким образом в этой проекции получают 24 ребра. Остальные 8 получим соединением соответственных вершин малого и большого куба. Будем

моделировать реберную модель проекции, поскольку в случае полигонального варианта моделирования грани внешнего куба трехмерной проекции гиперкуба скроют от зрителя внутреннюю сложную структуру, и зритель увидит только внешний куб.

Программу моделирования этого реберного объекта написали на встроенном в систему NanoCAD языке программирования Lisp. При этом было принято, что в качестве варьируемых параметров можно указать, во-первых, соотношение размеров ребер внешнего и внутреннего кубов трехмерной проекции тессеракта, и, во-вторых, толщину ребер, которые решили представлять цилиндрами.

На первом этапе программирования нужно было задаться вершинами четырехмерного гиперкуба, и они легко получаются перебором всех комбинаций четверок координат, каждая из которых равна или 1 или -1.

Затем нужно было определить длины четырехмерных отрезков, соединяющих любую пару вершин, отсортировать их по убыванию, и те отрезки, у которых длина минимальна (таких будет 32) считать ребрами четырехмерного гиперкуба. На следующем этапе нужно выполнить центральное проецирование, при котором для каждой вершины тессеракта проецирующая прямая, проходит через центр проекции и пересекает трехмерную гиперплоскость проекции (в данном случае гиперплоскостью является обычное трехмерное пространство, в котором четвертая координата принимается равной нулю). В общем случае это достигается решение систем из четырех линейных уравнений (одно уравнение для гиперплоскости проекций и три уравнения для прямой, проходящей через вершину и центр проекции, в четырехмерном пространстве по ее двумерным проекциям).

Затем полученные таким образом проекции вершин соединяются отрезками. Эти отрезки уже не будут равной длины, потому что проекция искажает размеры, а соединение отрезков нужно проводить, основываясь на топологической структуре исходного четырехмерного политопа.

На следующем этапе посредством Lisp-команд в NanoCAD'e вычерчиваются вершины и соединяющие их ребра. Но полученная таким образом реберная модель не вполне наглядна, т.к. не дает представления о «глубине» изображения, поэтому вершины нужно изобразить сферами, а ребра – цилиндрами.

Процесс построения этих цилиндрических ребер был достаточно сложным, в связи с тем, что в NanoCAD еще не все привычные операции работают корректно, в частности, мы не смогли осуществить средствами Lisp'a вращение отрезка относительно другого отрезка. Также не получалось выполнить лофтинг (вытягивание по траектории).

Наконец, выход был найден – вначале строились вертикальные цилиндры нужной длины, исходящие из вершин нижнего яруса, затем они поворачивались на нужный угол в нужном направлении.

После того как все ребра построены, все они и вершины объединяются в один трехмерный объект. На представленных рисунках 1, 2 видно, как выглядят проекции тессеракта при разных значениях толщины ребер.

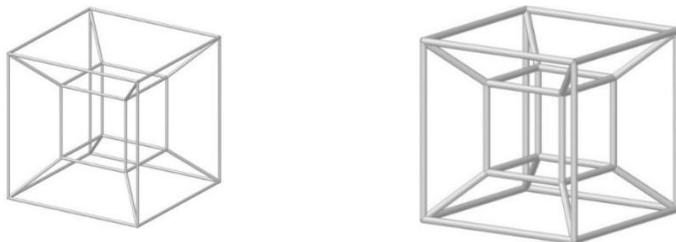


Рисунок 1 - Модели с различными толщинами ребер

Можно построить несколько таких моделей, и из толстостенных вычистить тонкостенную. Это полезно при выполнении трехмерной печати для экономии материала.



Рисунок 2 - Модель с половинным вырезом

В заключение можно сделать вывод о том, что трехмерные проекции четырехмерного гиперкуба не только дают возможность познакомиться с внутренним устройством четырехмерного пространства, но и сами по себе имеют художественную ценность, и могут использоваться в архитектуре.

Библиографический список

1. *Филитов П.В.* Начертательная геометрия многомерного пространства и её приложения. – М.: URSS, – 2016. 282с.
2. *Берже М.* Геометрия, М.: Мир, – 1984.
3. *Гильберт Д., Кон-Фоссен С.* Наглядная геометрия, М.: URSS – 2020. 184с.
4. [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/articles/727856456296/> (дата обращения: 18.02.2024)
5. [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Трёхмерная_сфера (дата обращения: 18.02.2024)

Любимов Алексей Витальевич, студент 1 курса 23 группы ИЭСМ
 Научный руководитель –
 доц., канд. техн. наук **А.В. Иващенко**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТУРАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ЧЕТЫРЕХМЕРНОГО ОТРЕЗКА В NANOCAD

«Многомерная геометрия – геометрия пространств размерности, большей трех. В настоящее время разделение трехмерной и многомерной геометрий имеет главным образом историческое и педагогическое значение, т. к. задачи ставятся и решаются для любого числа измерений, когда и поскольку это осмысленно» [1].

Все геометрические построения в четырехмерном пространстве проводятся по аналогии с построениями в трехмерном пространстве.

«Если элементы многомерного пространства моделировать образами трехмерного пространства и изображать эти образы на чертежах... можно применять метод ортогональных проекций... к объектам многомерного пространства» [2].

В четырехмерном пространстве имеются четыре координатные оси, взаимно перпендикулярные друг другу, четыре гиперплоскости проекций и шесть плоскостей проекций.

Как определить натуральную величину отрезка прямой CD в четырехмерном пространстве, если все построения нужно проводить на комплексном ортогональном чертеже, т.е. на плоскости, а проекциями четырехмерных объектов являются трехмерные объекты?

На привычном нам комплексном чертеже Монжа, который состоит из фронтальной, горизонтальной и профильной проекций какой-либо фигуры, необходимо добавить еще одну, две или три проекции, связанную с четвертой координатой t . Минимальное количество проекций, полностью определяющих отрезок в четырехмерном пространстве – две (например, XY и ZT), но в этом случае отсутствуют какие-либо проекционные связи, и работать становится сложно. Поэтому нужно добавить еще как минимум третью плоскость проекций, например, XZ.

Наличие всех шести двумерных проекций отрезка одновременно на комплексном чертеже делают его слишком сложным для восприятия, особенно в случае, если по каким-либо координатам концевые точки отрезка имеют значения с противоположными знаками.

Длина отрезка CD прямой в четырехмерном пространстве аналитически выражается формулой:

$$L_{cd} = \sqrt{(x_c - x_d)^2 + (y_c - y_d)^2 + (z_c - z_d)^2 + (t_c - t_d)^2}$$

Поскольку все построения нужно осуществлять графически на комплексном чертеже, то длину отрезка будем искать как гипотенузу прямоугольного треугольника, у которого длина одного катета равна натуральной величине какой-либо трехмерной проекции этого отрезка, а длина второго равна абсолютной величине разности координат недостающей координаты. Поэтому, прежде чем строить такой треугольник, необходимо построить натуральную величину трехмерной проекции на любой из четырех гиперплоскостей проекций.

Для автоматизации большинства рутинных построений мы решили воспользоваться системой NanoCAD, которая позволяет не только моделировать трехмерные объекты, но также дает возможность программировать. В качестве языка программирования этой задачи мы выбрали Lisp (другие языки программирования, доступные в NanoCAD'e – Python и язык макрокоманд). В Lisp'e возможно обращаться к большинству команд NanoCAD. Решение задачи проходит в четыре основных этапа:

- 1) запрос и ввод координат концевых точек отрезка;
- 2) вычерчивание пяти двумерных проекций отрезка;
- 3) построение натуральной величины трехмерной проекции на гиперплоскости XYZ известным способом прямоугольного треугольника;
- 4) построение натуральной величины четырехмерного отрезка (алгоритм в процессе разработки).

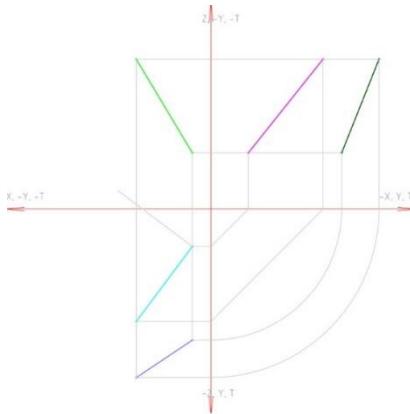


Рисунок 1 - Построение проекций отрезка с положительными координатами концевых точек

Запрос исходных данных высвечивается в виде диалогового окна, после чего прочерчиваются двумерные проекции отрезка и начало построения натуральной величины трехмерной проекции на гиперплоскости проекций XYZ. На представленных ниже рисунках видны особенности построения.

Из шести возможных двумерных проекций программа чертит только пять, чтобы не перегружать визуально чертеж. Координатная ось Y совмещена с координатной осью T . Проекция кодируются разным цветом.

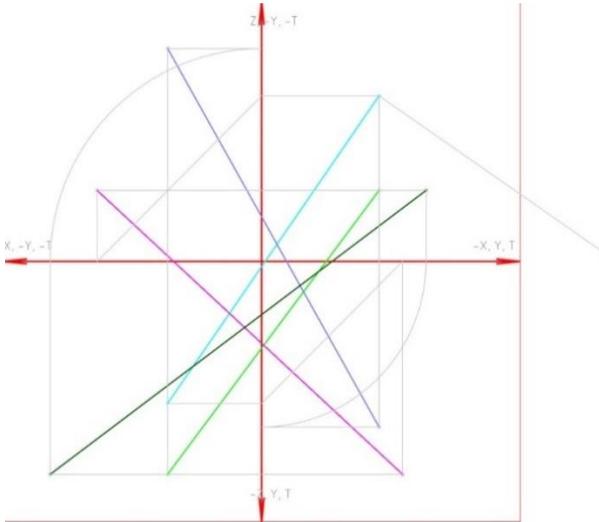


Рисунок 2 - Построение проекций отрезка с координатами конечных точек разных знаков

Буквенные обозначения можно было бы ввести, но у нас нет единого стандарта на обозначения проекции на ZT -плоскость и $X'T$ -плоскость.

Линии проекционной связи между горизонтальной и профильной проекции каждой точки изламываются по отрезку, а псевдогоризонтальной ($X'T$) и псевдопрофильной ($Y'T$) – по дуге, чтобы их можно было различать между собой.

Библиографический список

1. Математическая энциклопедия, под ред. И.М. Виноградова, М.: 1982г., изд-во «Советская энциклопедия», т. 3.
2. *Филиппов П.В.* Начертательная геометрия многомерного пространства и её приложения. – М.: URSS, – 2016. 282 с.
3. [Электронный ресурс] <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения: 18.02.2024).
4. [Электронный ресурс] <https://ngeometry.ru/opredelenie-naturalnoy-velichiny-otrezka.html> (дата обращения: 19.02.2024).

*Мазниченко Марина Евгеньевна, студентка 1 курса 57 группы ИАГ
Научный руководитель –
ст. преподаватель И.М. Гусакова*

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ СЛАВЯНСКОГО ШРИФТА «ВЯЗЬ»

Определённый графический рисунок, наполненный смыслом, называют письменностью. Один из распространённых видов письменности на Руси была Кириллица. Среди ее типов наиболее декоративный шрифт – это «вязь». В этом шрифте соединяются и стыкуются буквы в один единый узор. В южнославянских памятниках письменности этот шрифт можно обнаружить начиная с XIII века, а с конца XIV – начала XV века получает распространение в восточнославянских и валахских регионах. В XVI веке вязь получила значительное распространение при правлении Ивана Грозного. Художественное оформление произведения – книги в едином стиле зависит от выбранного шрифта. Вязь заключает в себе функции декора и рационализации. Основное назначение шрифта — это размещение текста в отведённой области листа с использованием нескольких способов рационального расположения букв.

Вязь разделяют на несколько видов: простую, сложную и узорную.

Приёмы эти в значительной части были известны в Византийской Империи и у славян, однако активнее всего они использовались в русской письменности. Вязью пользовались в целях сокращения письма при недостатке места (рисунок 1), ею писались, но достаточно редко, даже целые документы (рисунок 2).



Рисунок 1 - Запись 1512 по кайме
Рязанского



Рисунок 2 - Кодекс Чудовского
собрания №13

Классическими приёмами при работе вязью являются:

- лигатура - сочетание двух или более букв, имеющих общую часть или повторяющийся элемент;
- размещение уменьшенных букв в промежутках между основными;

- подчинение - написание уменьшенной буквы под частью или среди элементов большой;
- упрощение букв для сближения их друг с другом.

Элементы вязи зачастую использовались в сочетании с орнаментами в стиле арабесок (рисунок 3). Пустоты в строке вязи обычно заполняли витиеватыми украшениями.

Из них различали следующие: веточка, стрела, глаз, завиток, крест, лист, луч, усик, хоботок, шипы. В таком, нередко трудночитаемом, едином письме смысловая сторона отступает на задний план (рисунок 4).



Рисунок 3 – Вязь с орнаментами в стиле арабесок



Рисунок 4 – Строка вязи. Пример заполнения фона

На данный момент вязь актуальна в работах, стилизованных под старорусские произведения искусства, при реставрации старинных зданий и их отделки, а также при оформлении многих архитектурных чертежей.

В данной работе будет создан узор, в основу которого будут взяты тексты из «Апостола» 1693 г. (рисунок 5).

Для этого шрифта будет использоваться стандарт 17 века, когда высота относилась к ширине как 10:3.



Рисунок 5 – Текст «Апостол»

Для начала, введём высоту конструируемого шрифта: 30мм, этот размер будет наиболее удобен для детального построения.

Введём сетку, где каждая полоса в высоту 10 ячеек размером 3x3 мм, наша буква в таком случае будет иметь размер 10x3 ячейки, т.е. 30x9мм или,

если буква широкая (такие буква как ф, ш, щ, ж, м) то её размер составляет 10x5 ячеек или же 30x15 мм.

При построении данного шрифта использовались: сопряжения окружностей, сопряжение параллельных прямых, сопряжение окружности и прямой. Размеры окружностей в шрифте: 1мм, 1,5 мм, 3мм, 4,5мм.

Если рассматривать шрифт с точки универсальной модели, то получим, что 3 мм есть некий модуль n , тогда высота буквы – 10 n , ширина 3 или 5 n , радиусы будут равны: $\frac{1}{3}n$, $\frac{1}{2}n$, n , 1,5 n , где соответственно положительное число (рисунок 6).

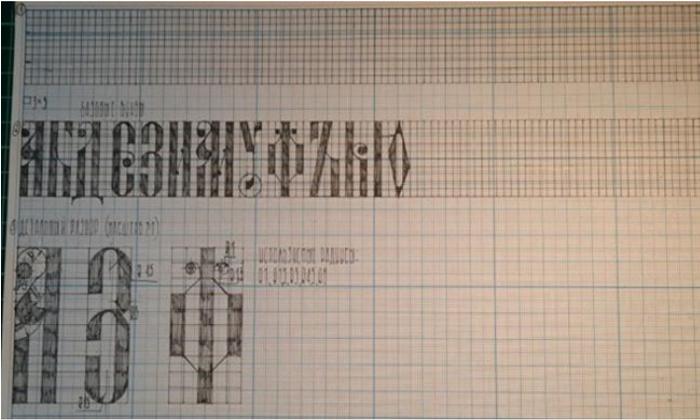


Рисунок 6 – Поэтапное построение шрифта

Такая вязь может применяться в шрифтовых композициях, названиях работ и декорировании, а также может быть использована в качестве акцента в различных творческих работах и служить главным средством оформления чертежей старорусских зданий.

Библиографический список

1. *Короев Ю.И.* – Начертательная геометрия: Учеб. Для вузов. – М.: Стройиздат, 1987. – 319 с.: ил.
2. *Горячева И.А.* Церковнославянские прописи и уроки орнамента. В 5 ч. Часть 2 – Екатеринбург: ООО «Типография ситипринт», 2020. 72 с.
3. *Плетнева А.А., Кравецкий А.Г.* - ЦЕРКОВНОСЛАВЯНСКИЙ ЯЗЫК. Религиозно-просветительское издание Редакторы Л.П. Медведева, И.В. Логинова. Издательский Совет Русской Православной Церкви.
4. *Безрукова, Е. А.* Шрифты: шрифтовая графика: учеб. пособие для СПО под науч. ред. Г.С. Елисеенкова. — 2-е изд. — М.: Издательство Юрайт; Кемерово: Кемеровский государственный институт культуры, 2019. 116 с.

*Матвеева Валерия Михайловна, студентка 1 курса 2 группы ИПГС
Серых Валерия Дмитриевна, студентка 1 курса 2 группы ИПГС
Научный руководитель –
ст. преподаватель Д.А. Ваванов*

НЕОБЫЧНЫЕ РЕШЕНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ РОССИИ 70-Х ГОДОВ ПРОШЛОГО ВЕКА

70-е годы в российской архитектуре отличались своеобразием авторской мысли. До сих пор нет четкого определения архитектурного стиля того времени. Одни считают, что это была эпоха советского архитектурного модернизма, другие видят в космополитных творениях ушедшей эпохи стиль брутализм, третьи – конструктивизм, рационализм и даже ар-деко. Все эти архитектурные направления глубоко проникли в умы архитекторов советской эпохи.

Именно поэтому в разных уголках нашей страны можно обнаружить необычные постройки – шедевры архитектуры тех времен [1-4].

В материалах статьи представлены необычные сооружения тех лет, расположенные в разных уголках нашей необъятной родины.

Идея постройки зародилась на рубеже 60-70-х годов прошлого века. Строительство шло с 1973 по 1987 гг. Официальной датой создания ЦНИИ РТК считается 29 января 1968 года. Ведущей архитектурной формой строения является 77- метровый бетонный тюльпан (рисунок 1, слева), а сам комплекс зданий имеет форму креста (рисунок 1, справа).

Если обратить внимание на окружающий пейзаж, то можно с уверенностью сказать, что башня-тюльпан очень выделяется на фоне более современных высотных построек, однако органично komponуется с остальным комплексом ЦНИИ РТК.

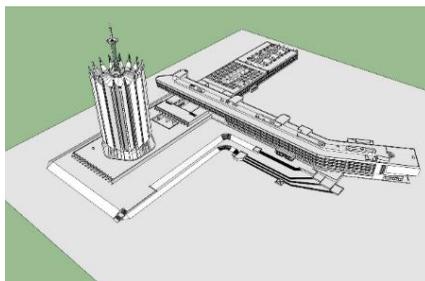


Рисунок 1 - Здание ЦНИИ РТК в Санкт-Петербурге

Примером грандиозного творения в стиле советского модернизма можно по праву считать здание центрального научно-исследовательского и опытно-

конструкторского института робототехники и технической кибернетики (ЦНИИ РТК) в Санкт-Петербурге.

Институт был построен под руководством С.Б. Сперанского. В работе также принимали участие архитекторы Б.И. Артюшин и С.В. Савин., конструкторы Г.М. Драбкин и А.В. Мартьянов.

Говоря об архитектуре Санкт-Петербурга эпохи семидесятых годов, нельзя не упомянуть 14-этажные «дома-стаканы» цилиндрической формы (рисунок 2, справа), расположенные в Санкт-Петербурге. Всего на территории города расположено восемь таких домов. Эти сооружения являются неким экспериментом советского модернизма. В квартирах домов такого типа нет ни одного прямого угла, планировка очень примитивная (рисунок 2, слева).

Кухни в самих квартирах не предусматривались, поскольку изначально это были общежития, поэтому на каждом этаже есть общая кухня. На сегодняшний день данным высоткам требуется серьезный ремонт.



Рисунок 2 - «Дом-стакан» в Санкт-Петербурге

Еще одно необычное сооружение тех лет – недостроенная 18-этажная гостиница «Аманауз» в Домбае, спроектированная архитекторами Г. Костомаровым и Е. Перченковым. Ее строительство началось приблизительно в 1980 году, а прекратилось в 1985 году. Само здание, имеющее железобетонный каркас, установлено на бетонные опоры (рисунок 3, справа), напоминающие опоры «дома авиаторов» в Москве. Фасад гостиницы отделан деревом. Здание так и не было сдано в эксплуатацию. «Аманауз» – пример позднего советского модернизма с элементами «органической архитектуры», проявившейся в схожести архитектуры здания с пчелиными сотами (рисунок 3, слева).

Это грандиозное сооружение располагается на территории горнолыжного курорта, очень необычно вписываясь в окружающую среду.

Даже будучи недостроенным, оно привлекает своим необычным внешним видом: номера развернуты под углом 45° по отношению к коридору, просторные балконы, напоминающие вагоны канатной дороги, большой концертный зал в форме шестиугольника.



Рисунок 3 - Здание гостиницы «Аманауз» в Домбае

Хорошим примером превращения типовой технологии в незаурядный объект можно считать упомянутый выше «дома авиаторов» в Москве (рис. 4). Это тринадцатизэтажное монументальное здание, буквально парящее на железобетонных колоннах, было построено в 1978 году по проекту архитектора А. Меерсона как гостиница для будущей Олимпиады-80. Замысел архитектора был в том, чтобы гостиница встречала и поражала приезжающих иностранцев по пути из аэропорта. Главной особенностью постройки считаются сорок опор из монолитного железобетона, поднимающих первый этаж на уровень четвертого. Неотъемлемым украшением дома стали также бетонные пожарные лестницы, выходящие на главный фасад здания. Также к интересным решениям можно отнести сделанные внахлест плиты, расположенные под небольшим углом для лучшей герметизации швов.



Рисунок 4 - Дом авиаторов в Москве

Еще одним примером неординарного здания, созданного из типовой панельной серии, является дом «бублик» в Москве (рисунок 5). Два таких дома были спроектированы архитектором Е. Стамо и построены в 1972 и 1979 годах. Конструкция здания выполнена из двадцати двух одинаковых секций. Кольцевидная форма диаметром 155 метров была сформирована

благодаря установке панелей под углом шесть градусов. Совершенно новый облик здания по праву можно считать новаторством в строительстве того времени, главной идеей которого явилась возможность воссоздания дружных советских дворов. В число самых необычных сооружений в истории архитектуры по праву входит построенный в 80-х годах прошлого века близ Ялты, пансионат «Дружба» (в наши дни – санаторий «Курпаты»). Архитекторы И. Василевский, Ю. Стефанчук, В. Дивнов и Л. Кеслер смогли воплотить свое творение на узком куске территории с 40-градусным уклоном между дорогой и морем (рисунок 6). Вся постройка удивительно гармонично вписалась в окружающую среду, сохранив ее первозданность и целостность [5].



Рисунок 5 - Дом «бублик» в Москве



Рисунок 6 - Санаторий «Курпаты»

В заключении хочется отметить, что советский модернизм – это не только массовое типовое строительство, но и показатель художественной смелости. Архитекторами того времени двигало желание привнести в быт консервативного мышления советских людей немного радикальных взглядов и идей. Большинство зданий, построенных в советское время, и по сей день являются визитной карточкой своих городов. Архитектуру советского государства по праву можно считать нашим национальное достояние мирового уровня.

Библиографический список

1. *Иващенко А.В., Ваванов Д.А.* Геометрический анализ архитектурных объектов Москвы // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Познание. 2023. № 4. С. 32-34.
2. *Грамотова А.А.* Модернизм в архитектуре СССР // Дни науки студентов ВГУ им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. Сборник материалов заочных научно-практических конференций. 2020. С. 569-572.
3. *Астафьева-Другач М.И., Волчок Ю.П., Журавлев А., Рябушин А.В., Игнатьева А.* Архитектура СССР 1917-1987. М.: Стройиздат, 1987.
4. *Перченков Е. Евсей Перченков.* Автомонография. Изд-во: TATLIN, 2019.
5. *Афанасьева Е.Б.* Футуризм в курортной архитектуре СССР / Архитектоника региональной культуры. Сборник научных трудов 2-й Всероссийской научно-практической конференции. – 2019. – С. 17-19.

Патлатюк Дарья Николаевна, студентка 1 курса 2 группы ИЦТМС
Пафнуров Артём Станиславович, студент 2 курса 25 группы ИЭУКСН
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук. **Б.Б. Турутин**

ВЫБОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ

При анализе программных обеспечений для разработки элементов цифровых моделей, в рамках нашей работы были последовательно изучено множество ПО. Целью выбора программных комплексов является обеспечение процесса создания компонентов информационной модели наиболее эффективными инструментами, обладающими функционалом, позволяющим выполнять широкий спектр задач информационного моделирования. При выборе ПО для разработки элементов цифровых моделей, мы учитывали следующие критерии:

Функциональность: мы удостоверились, что выбранные нами ПО обладают необходимыми функциями для создания требуемых элементов цифровых моделей

Интерфейс и удобство использования: важно выбрать программу с интуитивно понятным интерфейсом, который упрощает процесс работы и повышает эффективность.

Совместимость и экспорт: нужно убедиться, что ПО поддерживает импорт и экспорт файлов в нужных нам форматах для совместной работы с другими программами.

Поддержка и обновления: также важно выбирать программное обеспечение с надёжной технической поддержкой и регулярными обновлениями для исправления ошибок и добавления новых функций.

Отзывы и рекомендации: мы руководствовались рекомендациями от специалистов в области разработки цифровых моделей, чтобы получить представление о качестве программного обеспечения.



Рассмотрев большинство вариантов ПО, которые помогут создать элементы цифровых моделей, мы остановились конкретно на 4 программах, а именно: на отечественных (Renga и Model Studio CS), на иностранной (Revit), а также OpenSource ПО(Blender).

Renga

Renga – отечественная BIM-система, предназначенная для коллективного проектирования зданий и сооружений, разработки инженерных сетей и несущих конструкций.

Данный программный комплекс несёт в себе ряд преимуществ таких как:

- Достаточно простой интерфейс.
- Совместная работа нескольких пользователей: они могут вносить изменения в режиме реального времени.
- Оформление чертежа настроено согласно стандартам СПДС.
- Автоматическое заполнение документов с набором требований, которым должен соответствовать разрабатываемый продукт.
- Взаимодействие со сметами: во время изменений в смете, Renga автоматически перестраивает объект.
- Предусмотрен экспорт цифровой модели в разнообразные форматы такие как .ifc, .obj, dae, stl, .dwg, .dxf и импорт в ifc, .obj, .c3d, .3ds, lwo, dae, stl.

Revit

Revit – это программный комплекс автоматизированного проектирования. Программа позволяет нам создавать трёхмерные модели зданий и их элементов, добавлять аннотации с помощью двухмерного черчения и получать доступ к информации о здании из базы данных модели. ПО поддерживает технологию 4D BIM, предоставляя инструменты для планирования и отслеживания различных этапов жизненного цикла здания, начиная с концепции и заканчивая строительством и демонтажем. Revit обладает такими преимуществами как:

- Совместимость со сторонними приложениями: позволяет экспортировать информацию о моделях в совместимые БД.
- Возможность работы над моделью сразу нескольких проектных групп.
- Полная связь со всеми продуктами Autodesk.
- Большая база семейств.
- Наличие графического интерфейса Dynamo: специалисты могут создавать элементы логики для управления моделями с помощью интуитивно понятного интерфейса.

Кроме того, возможность концептуального проектирования: пользователь имеет возможность создавать сложные модели с нестандартной формой при помощи концептуального проектирования, причём автоматически генерируется параметрический каркас для поддержки нестандартных форм.

Blender

Blender доступное каждому программное обеспечение. Программа имеет высокую функциональность и возможность настройки интерфейса под пользователя. Также она имеет открытый исходный код, что позволяет разработку и использование аддонов.

Существует ряд преимуществ Blender`а: доступность; универсальность; продвинутый интерфейс.

Функциональность: В Blender уже встроены все инструменты, необходимые для решения различных задач. В программе можно выполнять широкий спектр действий от создания трёхмерных моделей до анимации и композитинга. Быстрота: сравнительно с другими программами, Blender запускается быстро и мгновенно реагирует на команды даже на менее мощных компьютерах.

Model Studio CS

Model Studio CS – это российское программное обеспечение для трёхмерного проектирования объектов различного назначения.

Оно является комплексным решением, работающим на базе nanoCAD и AutoCAD. Комплекс продуктов Model Studio CS автоматизирует различные аспекты проектирования и включает несколько отдельных продуктов, доступных как по отдельности, так и в рамках корпоративной лицензии. Преимущества продукта: удобная среда проектирования; постоянное обновление базы данных; поддержка формата IFC; интеграция с документооборотом. Полноценное решение: в отличие от других программ, Model Studio CS включает в себя все необходимые средства для оформления, проверки коллизий и другие дополнения, не требуя дополнительных покупок. Специально разработано с учётом потребностей российских пользователей и соответствует отечественным нормам и стандартам

Мы приходим к выводу, что важно тщательно выбирать программное обеспечение для создания цифровых моделей, так как это играет решающую роль в успехе проекта. Необходимо учитывать цели проекта, требования к функциональности программы, а также удобство использования. Правильный выбор ПО поможет повысить эффективность работы, а также качество и точность создаваемых моделей.

Библиографический список

1. *Свигачева, О.А.* Отечественная BIM-система Renga как современная трехмерная программа для проектирования зданий и сооружений // Молодой ученый. 2023. № 18 (465). — С. 68-69. — URL: <https://moluch.ru/archive/465/102336/> (дата обращения: 10.02.2024).
2. URL:<https://media.contented.ru/glossary/autodesk-> (дата обращения:10.02.2024).
3. URL: <https://autocad-specialist.ru/blog/revit-vs-archicad.html> (дата обращения: 10.02.2024).
4. URL <https://junior3d.ru/article/blender-3d.html> (дата обращения 10.02.2024).
5. URL: <https://modelstudiocs.ru/> (дата обращения 12.02.2024).

Рассказова Полина Алексеевна, студентка 4 курса 61 группы ИПГС
Фомченкова Арина Александровна, студентка 3 курса 10 группы ИПГС
Научный руководитель –
преподаватель Е.А. Гусарова

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФОРМ МИКРОСТРУКТУРЫ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Все окружающие человека, являются структурными материалами, состоящими из химических веществ органического или неорганического происхождения, независимо от этого образующие связевые взаимосвязанные конструкции, определенных геометрических форм, которые обеспечивают их функциональные характеристики.

Рабочее состояние элементов уровня макромира напрямую зависит от его микроструктуры. А значит для обеспечения определённой геометрической формы и физико-механических свойств макроизделия, становится явным необходимость понимания закономерности взаимосвязи данных размерных групп.

Одним из направлений в строительной области, актуальность развития которого на протяжении последних десятилетий остаётся неизменной, является производство и применение теплоизоляционных изделий и материалов. Так в настоящий момент основными источниками тепловых потерь являются:

- транспортировка энергоносителя;
- потери при эксплуатации зданий и сооружений.

Причинами данного процесса служат, применение устаревших конструкций, при проектировании которых не были учтены энергоэффективные характеристики.

В результате чего, до 30 % израсходованной энергии уходит в окружающую среду, снижение данного показателя в соответствии с Федеральным законом «Об энергосбережении и энергоэффективности» является приоритетной задачей, сопоставимой с Национальным проектом «Экология» позволяющим снизить углеродный след человека [1-2].

Таким образом для специалиста строительной отрасли возможность регулировать свойства теплоизоляционных изделий и материалов, является важной задачей.

Тепловая энергия имеет три основных механизма распространения в пространстве:

- Теплопроводность;
- Конвекция;
- тепловое излучение.

Оптимальной микроструктурой, обеспечивающей максимальные энергоэффективные характеристики, служит пористая закрыто ячеистая микроструктура (рисунок 1), при которой практически полностью нивелируется действие конвекции, а энергия с помощью механизма теплопроводности проходит через оболочку пор.

Следовательно, чем выше пористость, тем меньше теплопроводность, при этом их дисперсность и форма обеспечивают прочностные характеристики, необходимые для транспортировки и монтажа [3].

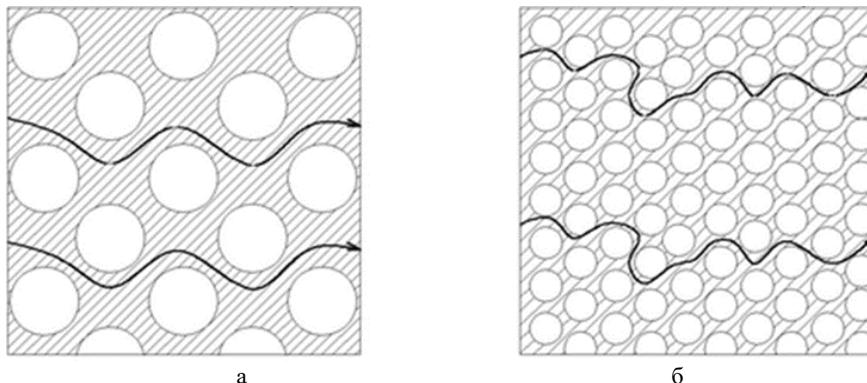


Рисунок 1 - Пористая закрыто ячеистая структура:

- а) Структура с низкой пористостью,
- б) Структура с высокой пористостью

Наличие пор овальной формы негативно сказывается на плотности упаковки пор, и их прочности, являясь концентратором напряжений. Оптимальным является форма сфер, обеспечивающая равномерное расположение, и распределение нагрузок по структуре.

Пространственное расположение волокон относительно источника теплоотдачи и нагрузки (рисунок 2), позволяет регулировать физико-механические свойства [5].

Данной микроструктурой обладают полимерные теплоизоляционные материалы, однако их существенным недостатком является горючесть, в связи с чем производятся неорганические материалы, неподверженные горению.

Одним из наиболее популярных является минеральная вата, обладающая волокнистой структурой с открытой пористостью, образованной из застывших волокон расплава всевозможных горных пород, уложенных равномерно в виде ковра, с последующей пропиткой связующим [4].

При данном виде микроструктуры, теплопередача осуществляется конвекционным способом, так как возможно прохождение воздушно газовой смеси через систему взаимосвязанных каналов, и с помощью механизма теплопередачи, по самим волокнам.

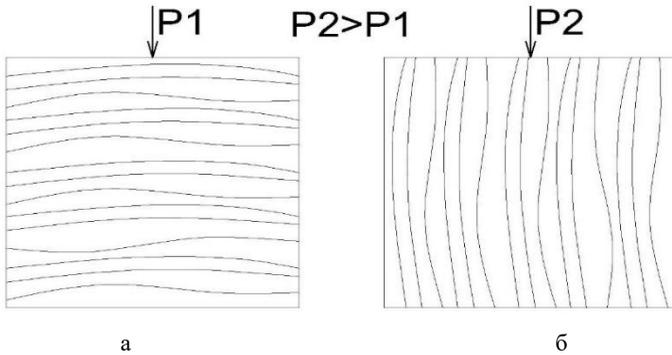


Рисунок 2 - Пространственное расположение волокон минеральной ваты:
 а) Горизонтальное расположение волокон,
 б) Вертикальное расположение волокон

Таким образом на основании проведенного литературного обзора, были выявлены основные закономерности влияния геометрических форм микроструктуры на физико-механические характеристики теплоизоляционных материалов, которые заключаются в оптимальном подборе геометрических форм, способных обеспечить их плотную упаковку, с минимизированием толщины их стенок, до оптимума, характеризующимися получением заданной транспортировочной и монтажной прочности.

Библиографический список

1. Михайлусова Т.Н., Огольцова Е.А., Шульгин А.А., Сон Ю.Э. Физические свойства теплоизоляционных материалов и конструктивные способы теплоизоляции помещений Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2016. № 8. С. 159-163.
2. Шильд Е. и др. Строительная физика: М.: Стройиздат, 1982. 296 с.
3. М.Н., Бабий И.Н., Меньлюк И.А. Анализ технологических особенностей применения фасадных систем теплоизоляции Технология и организация строительного производства. 2015. № 4-1. С. 43-47.
4. Левинский Ю.Б., Ушницкий А.А., Лавров М.Ф. Выбор рационального типа теплоизоляции для энергоэффективного каркасного дома Леса России и хозяйство в них. 2013. № 4 (47). С. 66-69.
5. Идрисов Г.Б. Теплоизоляции мелкозаглубленного фундамента Наука и техника Казахстана. 2021. № 2. С. 160-165.

Рассказова Полина Алексеевна, студентка 4 курса 61 группы ИПГС
Фомченкова Арина Александровна, студентка 3 курса 10 группы ИПГС
Научный руководитель –
преподаватель Е.А. Гусарова

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ЕЁ РОЛЬ В АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ МАТЕРИАЛОВ

Развитие современного общества неизбежно приводит к урбанизации и росту населения городов, для которых требуется возведение новой инфраструктуры, зданий и сооружений различного назначения.

При этом старая транспортная система уже не обладает необходимой пропускной способностью, что требует расширения её сети, которая пронизывает весь город.

Транспортная система, помимо побочного действия на окружающую среду через выбросы углекислого газа и других вредных веществ, является источником 80 % шумового загрязнения городской среды.

Человек независимо от своего желания, каждый день взаимодействует с транспортной системой, и подвергается неблагоприятному шумовому воздействию, которое пагубно влияет на его жизнедеятельность, и снижает общее качество жизни [1].

Поэтому, снижение шумового загрязнения, является важной задачей, сопоставимой с Национальным проектом «Экология». В настоящее время применяются защитные ограждающие конструкции из акустических материалов [2], для чего разработаны и приняты ГОСТы, санитарные нормы.

Для регулирования акустических характеристик, важным являются знания об природе материала и его защитных свойствах (рисунок 1), которые основаны на его микро и макроструктуре, геометрические формы и размеры которых и моделируют эти свойства.

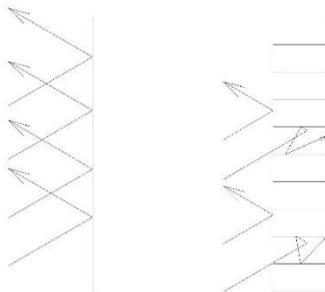


Рисунок 1 - Дополнительная перфорация лицевой стороны акустической защитной конструкции

Существует два основных вида акустических материалов по принципу действия. Звукопоглощающие, основанные на прохождении волны сквозь материал и гашения её энергии за счёт перехода энергии колебаний в тепловую. Для обеспечения прохождения волны сквозь толщу материала, его структура должна иметь открытую пористость, что предотвращает от отражения волн, которые способствуют проявлению шумового эффекта, при котором звуковая волна отражается в другом направлении с другой частотой, и накладывается на волны исходящие от источника звука.

Поэтому так же применяют дополнительную перфорацию лицевой стороны защитной конструкции позволяющую увеличить удельную площадь поверхности [3].

Важное значение имеет модуль упругости материала, который зависит от его структурной жёсткости, так, например, при прохождении волны сквозь пенобетон или газобетон, снижение энергии происходит за счёт вязкого трения колебаний в поровом пространстве.

При прохождении волны сквозь минеральную вату (рисунок 2), обладающую низким модулем упругости, за счёт волокнистой открыто пористой структуры, образованной из минеральных волокон и полимерного связующего, энергия гасится за счёт вязкого трения, и перехода энергии в тепловую через колебания относительно свободно закреплённых волокон в структуре материала [4].

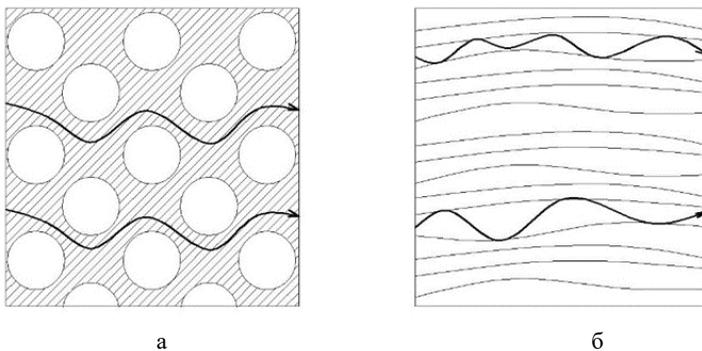


Рисунок 2 - Распространение звуковой волны сквозь различные материалы

Звукоизолирующие материалы, принцип действий которых основан, на отражении звуковых волн, для предотвращения его дальнейшего распространения.

В помещениях данный материал используют для напольных покрытий, что позволяет изолировать шум в вертикальных плоскостях.

Для достижения данных показателей используют материалы с закрытой ячеистой пористостью, совместное использование звукоизолирующих и звукопоглощающих материалов позволяет добиться синергетического

эффекта. Отраженный звук (рисунок 3), не переходит в структурный, а перенаправляется на стеновое покрытие, где эффективно гасится [5].

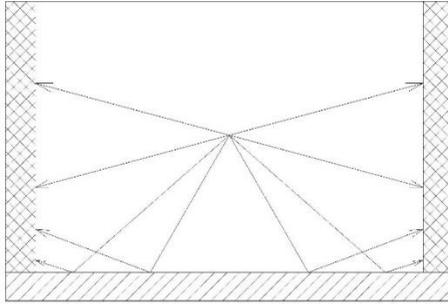


Рисунок 3 - Распространение звуковых волн в помещении с комбинированной акустической изоляцией

Таким образом на основании проведенного литературного обзора, были выявлены основные закономерности влияния геометрических форм микроструктуры на акустические характеристики материалов. Которые заключаются в оптимальном подборе геометрической формы микроструктуры: закрытой ячеистой структуры для обеспечения звукоотражающих свойств и волокнистой открыто пористой структуры для достижения звукопоглощающих свойств.

Библиографический список

1. *Прямвада Б.С., Павлова Н.В., Петровская М.А.* Влияние шумового загрязнения на характеристики произвольного внимания человека Тверской медицинский журнал. 2016. № 5. С. 46.
2. *Насонов А.Д., Бетеньков Ф.М., Белоусов А.М., Викторов А.А.* Акустическое исследование физико-механических свойств фрикционных полимерных композитных материалов Ультразвук и термодинамические свойства вещества. 2006. № 33. С. 43-47.
3. *Семухин Б.С., Казьмина О.В., Ковалев Г.И., Опаренков Ю.В., Душкина М.А.* Определение акустических свойств пеностеклокристаллических материалов Известия высших учебных заведений. Физика. 2013. Т. 56. № 7-2. С. 334-338.
4. *Иванов Н.И., Шашурин А.Е., Бойко Ю.С.* Влияние материала на акустическую эффективность шумозащитных экранов Noise Theory and Practice. 2016. Т. 2. № 4 (6). С. 24-28.
5. *Кирсанов В.В.* Минимизация шума на пути его распространения способом акустической обработки помещений звукопоглощающими материалами Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 18. С. 161-163.

Романов Никита Михайлович, студент 1 курса 1 группы ИЦТМС
Старков Виктор Сергеевич, студент 2 курса 25 группы ИЭУКСН
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук. Б.Б. Турутин

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИФРОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

В настоящее время развитие информационных технологий и способы обработки данных выходят на новый уровень.

Для того чтобы идти в ногу со временем нужно осваивать технологии и уметь их грамотно применять не только в повседневной жизни, но и постепенно интегрировать их в профессиональную деятельность.

Процесс интеграции технологий в профессиональную деятельность разного рода является неотъемлемой частью развития многих отраслей, в том числе строительной отрасли.

С появлением системы автоматического проектирования, так называемых САПР или CAD, произошёл прорыв во многих сферах, связанных с проектированием и дизайном.

Именно появление САПР стало толчком к дальнейшему развитию. Главным недостатком САПР для строительной отрасли стала недостаточная функциональность, появлялась необходимость оптимизации принципов работы.

Для строительной отрасли наиболее практичной стала Технология Информационного Моделирования, включающая в себя процессы создания, изменения и последующего использования трехмерной цифровой версии здания.

Одним из самых распространенных программных решений стал продукт зарубежной компании Autodesk Software под названием Revit.

Многие специалисты создали множество проектов, пользуясь программным обеспечением компании Autodesk, однако на данный момент использование иностранных программных обеспечений затруднено в связи с политической обстановкой, что даёт возможность работать над отечественными разработками и постепенно расширять свою сферу влияния не только на российском рынке, но и за его пределами.

Яркими примерами отечественного программного обеспечения являются продукты компаний CSoft Development «ModelStudioCS» и Renga Software «Renga», совместное предприятие компании АСКОН и фирмы «1С».

Программные решения отечественных производителей обладают современным интерфейсом, удобной системой управления и необходимым функционалом для создания информационных моделей высокого уровня с подробной детализацией.

Среди многообразия программного обеспечения есть и неожиданные решения, такие как BlenderBIM Add-on. Изначально, Blender -

профессиональное свободное и открытое программное обеспечение для создания трёхмерной компьютерной графики, включающее в себя средства моделирования, скульптинга, анимации, симуляции, рендеринга, постобработки и монтажа видео со звуком.

Для создания компонентов информационной модели требуются некоторые исходные данные. Исходными данными могут служить:

- Номенклатура и чертежи.
- Набор параметров.
- Документация.
- Данные, полученные на основе анализа.
- Классификатор Строительной Информации.

Получать исходные данные можно напрямую от производителя, посредством заключения договора о сотрудничестве.

Взаимодействие с заводами производителями поможет решить проблему нехватки данных при создании компонентов.

Для удобного использования исходных данных их необходимо оцифровать и структурировать. Что касается хранения, удобнее использовать облачные сервисы, доступ к которым можно контролировать и регулировать удалённо.

На данный момент существует проблема совместимости компонентов, которую можно устранить путём создания универсальных компонентов и их использование будет доступно всем специалистам, не зависимо от применяемого ими в разработке программного обеспечения.

Для создания базы универсальных компонентов требуется выбрать формат данных, который будет совместим со всеми программными обеспечениями.

Таким форматом является формат IFC. IFC — это универсальный объектно-ориентированный формат данных, который не принадлежит ни одному разработчику.

Для создания универсальной базы компонентов мы предлагаем свою методику, основанную на четырёх основных этапах, а именно:

- Получение исходных данных
- Выбор ПО
- Пилотный проект
- Рабочий проект

Мы предлагаем ознакомиться с «дорожной картой» (рисунок 1), цель которой наглядно показать, как строится работа на разных этапах, к примеру, получение исходных данных без взаимодействия с заводами изготовителями, получения спецификаций и чертежей невозможно без определения набора параметров.

Выбор ПО невозможен без определения выборки программ и тестирования, что в свою очередь помогает определить итоговый состав ПО и перейти к созданию пилотного проекта, где разработчик выбирает пилотную группу компонентов и приступает к моделированию,

формированию методологии и документированию базовых бизнес-процессов.

На этом этапе создается IFC модель и проводится тестирование, для дальнейшего перехода к рабочему проекту и отладке с последующим расширением группы компонентов и созданием конечной модели в формате IFC.

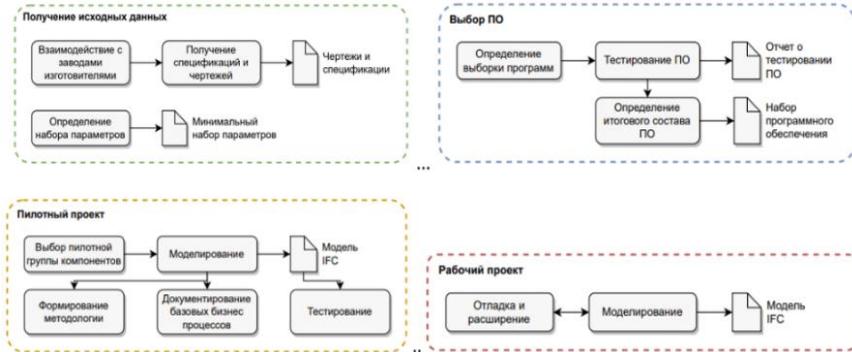


Рисунок 1 – Дорожная карта создания компонентов информационной модели

«Дорожная карта» — это условный план действий, основанный на методике создания компонентов информационной модели, следуя которому можно оптимизировать процесс создания базы универсальных компонентов информационной модели в виде облачного сервиса, для более комфортного применения на практике.

Библиографический список

1. URL: <https://bimcatalogs.rengabim.com/> (дата обращения: 01.02.2024).
2. URL: <https://bimacad.ru/katalog/renga-software/> (дата обращения: 09.02.2024).
3. URL: <https://sapr.ru/article/19941> (дата обращения: 07.02.2024).
4. URL: https://www.sskural.ru/bim/docs/СП_333.1325800.2020.pdf (СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла Свод правил от 31.12.2020 N 333.1325800.2020 Применяется с 01.07.2021. Заменяет СП 333.1325800.2017).
5. URL: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/> дата обращения: 01.02.2024).

Рыжкова Евгения Вячеславовна, студентка 1 курса 82 группы ИАГ
 Научный руководитель –
 доц. канд. пед. наук, доц. **Т.Ф. Турутина**

ОСОБЕННОСТИ ГЕОМЕТРИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Дороги – это артерии экономики. Известно, что кратчайшим расстоянием между двумя пунктами назначения является прямая линия. Однако, абсолютно прямые дороги не всегда уместны, ведь при планировке дорожной сети необходимо обходить естественные препятствия, здания и сооружения. Кроме того, длинные прямые дороги также создают монотонные, однообразные условия движения, что утомляет водителей.

В данной работе были рассмотрены применяемые в проектировании дорожного полотна геометрические элементы, отвечающие за кривизну дорог, в трех плоскостях проекций: поперечный профиль (фронтальная плоскость проекций), продольный профиль (профильная плоскость) и план (горизонтальная плоскость).

Геометрические элементы поперечного профиля

Поперечное сечение дороги показывает такую информацию как количество полос движения, их ширину и уклон, наличие разделительной полосы, обочин, тротуаров и т.п. [1]. Из рисунка 1, 2 можно заметить, что поперечное сечение дороги почти никогда не бывает плоскими.

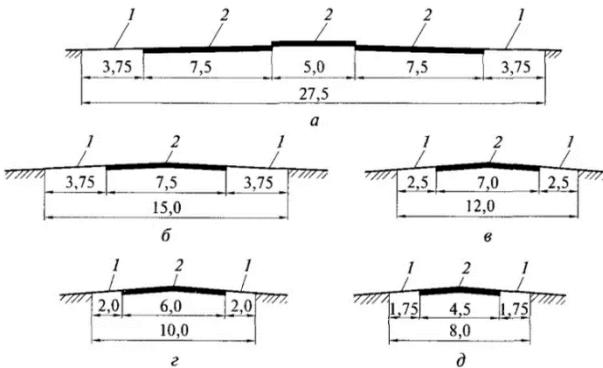


Рисунок 5 – Типовые поперечные профили автомобильных дорог общей сети России (размеры даны в метрах):

- а). Дороги I категории; б). Дороги II категории; в). Дороги III категории;
 г). Дороги IV категории; д). Дороги V категории;
 1 – обочины; 2 – дорожная одежда проезжей части

Причина в том, что плоская поверхность не способна отводить воду. Скопление воды на дороге опасно для транспортных средств, поскольку делает дорогу скользкой и создает гололед зимой.

Поэтому почти все дороги имеют поперечный уклон, который ускоряет отвод осадков и сохраняет поверхность дороги сухой.

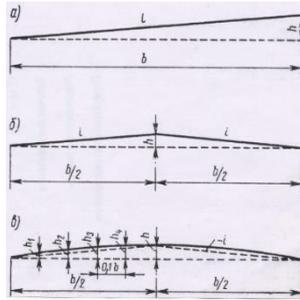


Рисунок 6 – Типы поперечников по своему очертанию:
а) односкатные; б) двухскатные; в) параболические

Существует еще один тип поперечного уклона, который помогает сделать прохождение поворотов более безопасными – вираж. При движении по кривой, автомобиль подвергается воздействию центробежной силы, которая стремится его опрокинуть. Чтобы позволить автомобилю устойчиво пройти поворот без значительного снижения скорости, используют односкатный поперечный профиль проезжей части малого радиуса с углом к центру кривой [2]. Такой уклон помогает сместить вес автомобиля, так что он будет противодействовать центробежной силе (рисунок 3, 4).



Рисунок 3 – Схема виража на дороге с двухскатной проезжей частью:
1 – Отгон виража в пределах переходной кривой; 2 – Круговая кривая

Также принято уширять проезжую часть на кривом участке, т.к. транспортные средства занимают больше места на полосе при повороте.

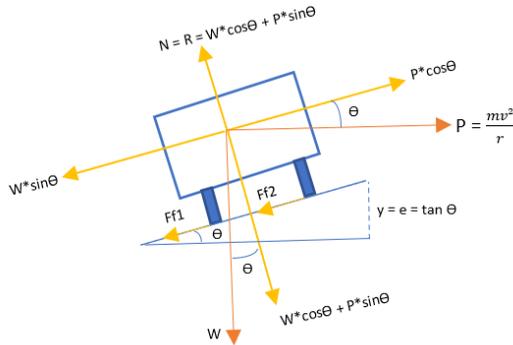


Рисунок 4 – Силы, действующие на автомобиль при прохождении поворота с виражом

Геометрические элементы плана

Элементами, определяющих геометрию дорог на плане, являются прямые и кривые, кривизна которых меняется линейно или нелинейно [2].

Безопасность прохождения водителем поворота во многом определяется его радиусом, т.к. центростремительная сила, действующая на транспортное средство, обратно пропорциональна.

Если рассматривать прямой участок дороги как кривую с бесконечно большим радиусом, то при переходе на участок круговой кривой центробежная сила возникает резко (рисунок 5). Поэтому не только кривая, но и переходы между кривыми должны быть плавными.

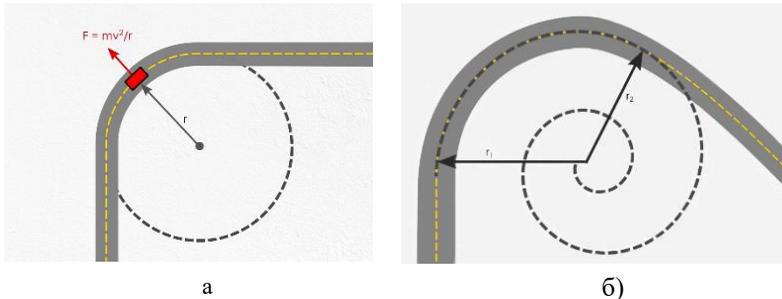


Рисунок 5 – Кривые трассы:
а). Круговая кривая, б). Клотоида (спираль Корню)

Если бы прямые участки дорожного полотна соединялись непосредственно круговыми поворотами, водителю пришлось бы мгновенно поворачивать руль в начале поворота.

Поэтому при проектировании принято применять переходные кривые в виде клотоиды, радиус кривизны которых прямо пропорционален ее длине [3, 4]. Для обеспечения устойчивости автомобиля на поворотах, радиусы

кривых рассчитываются не только исходя из расчетной скорости на данном участке дороги, но и минимального расстояния видимости (рисунок 6).

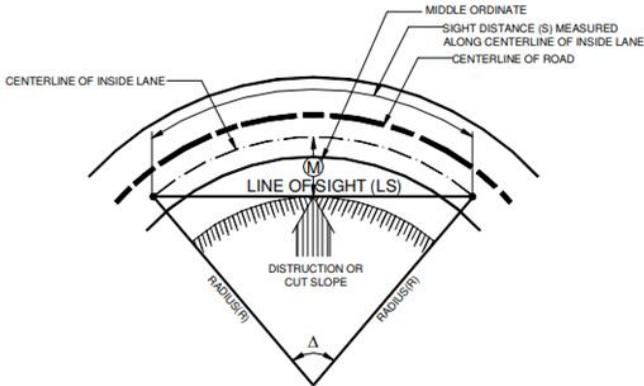


Рисунок 6 – Линия взгляда для определения минимального расстояния видимости на горизонтальных кривых двухполосных дорог

Даже если поворот достаточно пологий, чтобы автомобиль мог его преодолеть, расстояние видимости может быть недостаточным для обеспечения безопасности из-за препятствия. В этом случае, расстояние видимости потребует сделать радиус кривой еще больше.

Геометрические элементы продольного профиля

Продольный профиль показывает величину продольного уклона отдельных участков дороги [2]. Для обеспечения плавного и безопасного перехода от одного уклона к другому, изломы продольного профиля принято соединять между собой выпуклыми и вогнутыми вертикальными кривыми, описываемыми квадратичным уравнением (рисунок 7, 8).

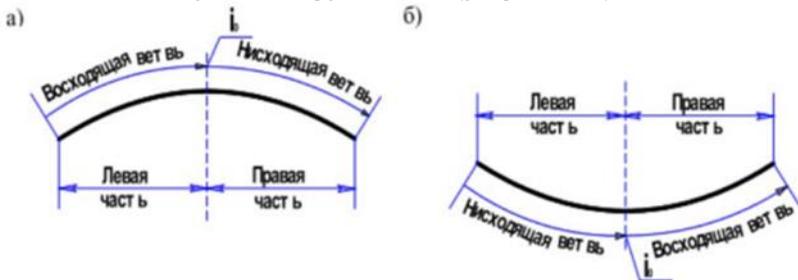


Рисунок 7 – Виды вертикальных кривых: а). Выпуклая, б). Вогнутая

Выпуклые кривые заставляют дорожное полотно скрываться за вершиной, поэтому они должны быть достаточно пологими, чтобы водитель мог видеть проезжую часть при подъеме.

У вогнутых кривых нет такой проблемы – днем водитель может видеть всю проезжую часть по обе стороны от кривой.

Ночью ситуация меняется, т.к. фары, освещающие дорогу, являются ограничивающим фактором для расстояния видимости. Если кривая слишком крутая, фары не будут светить достаточно далеко. Это может привести к тому, что часть расстояния видимости будет закрыта, что может затруднить реагирование на препятствия в темное время суток.

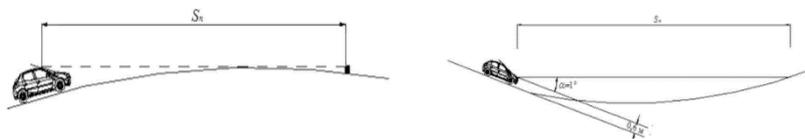


Рисунок 8 – Расстояние видимости при подъеме и спуске

Следовательно, радиусы вертикальных кривых должны назначаться так, чтобы они вместе с элементами плана обеспечивали необходимое расстояние видимости и, по возможности, вписывались в местность и тем самым способствовали минимизации объемов работ и строительной стоимости.

Заключение

Геометрия автомобильных дорог представляет собой совокупность увязки радиусов кривых в плане и профиле, увязки продольных и поперечных уклонов, и служит для обеспечения устойчивости транспортного средства, видимости дороги и ориентации водителя.

Продуманный геометрический дизайн не только позволяет сэкономить затраты на строительство и снизить вероятность дорожно-транспортных происшествий, но и гармонично вписывает дорогу в ландшафт.

Библиографический список

1. ГОСТ 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог. – Стандартинформ, 2006. 9 с.
2. А.В. Еремин, О.А. Волокитина, О.В. Гладышева, Н.Ю. Алимова. Основы проектирования автомобильных дорог // Воронеж: ВГТУ, 2021. 111 с.
3. Методические рекомендации по проектированию геометрических элементов автомобильных дорог общего пользования // МАДИ, Москва, 2003. 29 с.
4. Селюков Д.Д. О рациональном использовании клотоиды в элементах дорог. // Автомобильные дороги. – 1976. – № 2. – С. 22–23.

*Сарычев Алексей Александрович, студент 2 курса 40 группы ИИЭСМ
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук А.В. Иващенко*

ГЕОМЕТРИЯ КАК РАЗДЕЛ МАТЕМАТИКИ. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Геометрия – наука, которая изучает фигуры в пространстве и законы их соотношений. С помощью геометрии люди научились вычислять площади, объёмы фигур, а также измерять расстояния и углы. Геометрия является существенной частью всей математики в целом, и на начальных этапах развития этой науки была практически неотделима от арифметики и алгебры.

Феликс Клейн – немецкий математик, который первым предложил конкретное разделение геометрии на различные разделы. В 1872 году Клейн в "Эрлангенской программе" предложил свою классификацию геометрий в своём, когда ему было чуть более двадцати лет. Это послужило толчком к изучению геометрии с разных позиций, и в настоящее время можно насчитать около двух десятков направлений в геометрии, которые изучают объекты с определенных позиций. В настоящее время можно утверждать, что геометрию в целом можно разделить на следующие направления: планиметрию, стереометрию, топологию (которая в свою очередь подразделяется на общую и алгебраическую), аналитическую геометрию, дифференциальную геометрию, аффинную геометрию, проективную геометрию, теорию кривых, теорию поверхностей, алгебраическую геометрию, геометрию многомерных пространств, комбинаторную геометрию, вычислительную геометрию, неевклидову геометрию (при этом можно проводить дальнейшие подразделения, в зависимости от свойств того или иного пространства, в котором изучаются объекты), начертательная геометрия, фрактальная геометрия, геометрия на комплексной плоскости, геометрия гладких многообразий, геометрия векторного поля и т.д. В настоящее время геометрия продолжает интенсивно развиваться, из более общего раздела возникают более частные, при этом изучающие предметы своими особыми методами. Так, например, алгебраическая геометрия, в отличие от аналитической и дифференциальной, не использует методы анализа, и ограничивает изучаемые объекты (например, кривые) только такими, которые можно представить полиномиальными уравнениями или системами таких уравнений, но зато разрабатываемые ею методы находят неожиданное применение в других разделах математики (например, в теории чисел).

Впервые геометрия была описана древнегреческим математиком Евклидом примерно в 300 году до нашей эры [3], хоть отдельные геометрические знания были известны и более древним эпохам (например, Пифагору, Фалесу и другим древним грекам, по именам которым названы соответствующие теоремы).

В своем труде «Начала» Евклид попытался дать более-менее систематическое изложение известных к тому времени фактов о геометрических объектах, используя аксиоматику. Евклидова геометрия основана на пяти всем известным основных аксиомах, все остальные утверждения доказываются как теоремы на основании этих аксиом. Геометрию Евклида подразделяют на планиметрию и стереометрию, при этом планиметрия изучает двумерные фигуры на плоскости, а стереометрия – в трехмерном пространстве. С тех пор геометрией занимались многие ученые разных эпох, среди них можно упомянуть Ньютона (занимался классификацией кривых третьего порядка), Декарта (разработал метод аналитической геометрии) Эйлера (в его работах впервые появились топологические идеи), Монжа (разработал начертательную геометрию), Гаусса (разработал основы дифференциальной геометрии, а также начинал разработки неевклидовой геометрии, независимо от Лобачевского и Больяи), Понселе (разработал большую часть основ проективной геометрии) и многие другие математики не только Европы, но и других стран. Основателем аналитической геометрии считается французский ученый 17 века Р. Декарт, который предложил координатный метод определения точки в пространстве – каждой точке сопоставлялся набор чисел - координат, которыми она полностью описывалась.

Благодаря этому методу стало возможным исследование геометрических свойств разного рода объектов, как на плоскости, так и в пространстве, и даже в многомерном пространстве. За счёт своей универсальности аналитическая геометрия является основой и для многих других разделов геометрии [2,4].

Алгебраическая геометрия – относительно недавно (в середине 19 века) появившийся раздел математики. К объектам изучения этого раздела математики относятся кривые и поверхности, а также многообразия более высоких размерностей. Известный немецкий математик 19 века К.Ф. Гаусс своими работами фактически заложил основы дифференциальной геометрии как науки. Отличительные особенности проективной геометрии – независимость от координатного метода Р. Декарта, а также так называемый принцип двойственности.

Хоть проективная геометрия изучает конические сечения, но при этом не имеет дела с углами, т.к. они не сохраняются при проективных преобразованиях. Кроме того, эллипс, парабола и гипербола с точки зрения

проективной геометрии являются одним объектов – коникой, в то время как в планиметрии у них разные свойства. Проективная геометрия как целостная наука сформировалась в 19 веке, и большую часть ее положений разработал французский ученый В. Понселе, хоть отдельные ее утверждения были известны столетиями раньше (известная теорема Дезарга, теорема Паскаля, теорема Паппа). Начертательная геометрия является не только и не столько наукой, сколько инженерной дисциплиной, изучение которой входит в обязательную программу изучения всех технических вузов России, поскольку она является основой создания и понимания чертежей, создаваемых как вручную, так и компьютерным способом [1].

Вычислительная геометрия появилась как отдельный раздел информатики и математики с появлением компьютеров и программного обеспечения, особенно с появлением средств визуального отображения геометрических объектов на экранах мониторов. Фрактальная геометрия занимается такими кривыми и поверхностями, которые, с одной стороны, являются самоподобными, и в то же время не имеют производных ни в одной точке, и поэтому не могут быть исследованы методами дифференциальной геометрии.

Геометрия многомерных пространств, хоть и является достаточно абстрактной областью геометрического знания, однако находит применения в анализе сложных физико-химических процессов, которые трудно описать другими средствами, а в качестве координат могут выступать физические параметры. Кроме того, некоторые космологические гипотезы и модели микромира также пользуются понятием многомерности.

В итоге можно сделать вывод, что геометрия как наука является чрезвычайно обширным и важным разделом математики, интенсивно развивающимся на протяжении всей своей многовековой истории.

Библиографический список

1. *Потишко А.В., Крушевская Д.П.* Справочник по инженерной графике, 1976.
2. *Канатников А.Н., Крищенко А.П.* Аналитическая геометрия, Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002.
3. *Юшкевич А.П.* История математики. С древнейших времен до начала Нового времени. М., «Наука». 1970.
4. *Бортаковский А.С., Пантелеев А.В.* Аналитическая геометрия в примерах и задачах. М., «Высшая школа». 2005.

*Серёжин Илья Андреевич, студент 1 курса 6 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
ст. преподаватель А.В. Стенура*

ЛУЧЕВАЯ СИММЕТРИЯ В ПРИРОДЕ И АРХИТЕКТУРЕ

Лучевая симметрия является одним из фундаментальных принципов, воплощенных как в природных формах, так и в созданиях человеческих рук. Лучевая симметрия, или радиальная симметрия, представляет собой симметрию объекта относительно его центральной оси, при которой структура остается неизменной при повороте вокруг этой оси.

Эта форма симметрии характерна для форм, которые могут быть равномерно разделены на одинаковые части путем прямых линий или плоскостей, исходящих из центра.

Примеры лучевой симметрии в неживой природе можно наблюдать в формировании кристаллов и снежинок, а также в процессе формирования вихрей в атмосфере и гидросфере.

Снежинки зачастую обладают шестиугольной симметрией, когда каждый из шести "лучей" зеркально отображает друг друга. Кристаллы, как правило, следуют строгим геометрическим законам, создавая радиальные структуры, например, в случае кварца и других минералов.

Лучевую симметрию также можно наблюдать в строении некоторых вирусов, а также в Царстве грибов.

Растения часто демонстрируют радиальную симметрию в цветках и листьях. Цветки могут иметь множество лучей симметрии – например, лилии и ромашки. Это не случайно: радиальная симметрия помогает привлечь опылителей, предоставляя одинаковый доступ со всех сторон.

В животном мире радиальная симметрия встречается у осьминогов, морских звезд, актиний, медуз, каракатиц и кальмаров.

Осьминоги, например, имеют органы, расположенные вокруг центральной части тела, обеспечивая им способность быстро и легко маневрировать в водной среде. Уникальная радиальная структура этих существ подчеркивает многообразие природных стратегий выживания.

Пчелиные соты сформированы из правильных шестиугольников.

В астрономии лучевая симметрия встречается в космических структурах, таких как спиральные галактики и вихри на полюсах планет типа Юпитера. Эта симметрия зачастую является результатом гравитационных и центробежных сил.

Ещё одним пример - Сатурн, вокруг его полюсов можно наблюдать правильный шестиугольник из облаков.

В архитектуре лучевая симметрия используется для достижения визуального баланса, эстетической привлекательности, а также функциональности. Примерами архитектурных форм с радиальной

симметрией могут служить ротонды, центральные планы в христианских базиликах, азиатских пагодах, культовых сооружениях ислама. Наверное, самым распространённым примером лучевой симметрии в архитектуре могут послужить фонтаны. Структуры всех этих сооружений разрабатываются таким образом, что с любой точки зрения их фасад или силуэт представляет собой гармоничное и законченное целое.

Храмы многих культур [1], например, Черкесская церковь, отражают принципы радиальной симметрии, что придает им особую торжественность и ощущение упорядоченности.

Симметрично расположенные купола Черкесской церкви, создают внешнее и внутреннее восприятие совершенства. Троицкий собор также является отличным примером использования лучевой симметрии, купола которого расположены также радиально симметрично. Ещё одним примером может служить Пантеон в Риме, его купольная структура поддерживается радиально расположенными колоннами [2].

Военная архитектура, особенно крепости-звезды, такие как знаменитая Пальманова в Италии, представляет собой классический пример использования радиальной симметрии. Форма девятиугольной звезды была образована так, чтобы любой из девяти «углов» мог в случае атаки получить поддержку и помощь от соседнего «угла». Аналогично был построен форт Бауртанге в Нидерландах.

Построение правильных многоугольников [3] является базовым навыком любого человека. Существует множество способов выполнить эту операцию. Наибольшую точность обеспечивает построение правильных вписанных многоугольников в окружность.

При помощи циркуля, используя определенные алгоритмы окружность можно разделить на 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 и 12 равных частей, соединив полученные точки получаются правильные вписанные многоугольники.

На рисунке 1 представлен интересный пример деления окружности на 7 равных частей: следует сначала сделать засечки на окружности своим радиусом (из точки пересечения с горизонтальной осью окружности).

Затем, соединить эти точки, получив точку на оси. СВ – это и будет искомым радиус для деления окружности на 7 равных частей. Следует взять в раствор циркуля это расстояние и последовательно сделать засечки на окружности, начав из точки 1.

Также рассмотрим пример создания правильных многоугольников в программе NanoCAD. NanoCAD значительно упрощает этот процесс, так как в нём есть встроенная функция для создания многоугольников.

Для её выбора необходимо на панели инструментов найти команду «Прямоугольник» и раскрыть меню опций, далее выбрать пункт «Многоугольник», затем с помощью командной строки задать параметры функции: указать количество вершин многоугольника, выбрать центр и способ построения. Радиальная или центральнолучевая симметрия как

эстетический и функциональный прием повсеместно присутствует в нашем мире [4].

Ее использование в архитектуре не только обусловлено естественной предрасположенностью к поиску гармонии и совершенства, но и функциональными соображениями – будь то визуальный баланс, равномерное распределение нагрузки или обеспечение безопасности.

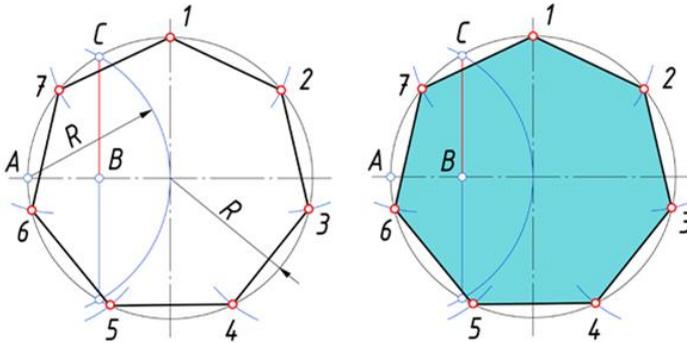


Рисунок 1 - Деление окружности на 7 равных частей

Таким образом, лучевая симметрия становится универсальным языком, который связывает созданные природой формы и наши человеческие достижения.

Библиографический список

1. *Борисов, С.В.* Особенности композиционных решений православных храмов на основе планировочных правильных многоугольников // *Архитектура и современные информационные технологии.* – 2019. – № 2(47). – С. 220-231. – EDN RDLHRM.
2. *Гришков, В.А.* Симметрия и асимметрия в архитектуре // *Дни студенческой науки: Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры, Москва, 04–07 марта 2019 года.* – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2019. С. 760 - 762.
3. *Куразов, Т.А.* Построение правильных многоугольников // *Научный журнал.* – 2016. № 10 (11). – С. 4 - 6.
4. *Гибадуллин, А.А.* Лучевая асимметрия и угловые симметрии в основе геометрического представления // *Матрица научного познания.* 2023. № 9. С. 21 - 24.

*Старикова Василиса Антоновна, студентка 1 курса 21 группы ИИЭСМ
Научный руководитель –
ст. преподаватель Е.А. Стенура*

ЛОТОС-ПАРК - УДАЧНЫЙ ОПЫТ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Доминирование городов – каменных джунглей, где преобладают бетон и стекло, вызвало всплеск интереса к бионической или, как ее называют, экологической архитектуре. Жители мегаполисов остро нуждаются в присутствии в городской среде природных объектов: парков, садов, оранжерей, водоемов.

В творчестве ведущих современных архитекторов усиливается тенденция создавать объекты, чьи формы напоминают естественные и гармоничные очертания цветов, деревьев, скальных массивов, раковин моллюсков, других живых существ.

Этому тренду соответствует проект компании Studio 505 из Австралии, который осуществлен в 2014 году в КНР, в городе Чанчжоу. Это Лотос-Парк, включающий здание конференц-центра в виде трех гигантских цветков лотоса. Его уже сейчас называют одним из чудес света, настолько это сооружение пришлось по душе жителям и туристам.

Проект был осуществлен с помощью технологий информационного моделирования, применявшихся на всех стадиях как разработки, так и осуществления строительства.

Великолепный, полупрозрачный цветок лотоса, подсвечиваемый в вечернее время, отражается в водной глади искусственного водоема, оживляя все окружающее пространство (рисунок 1).

Великолепен вид на парк с высоты, когда появляется возможность оценить взаимосвязь его сооружений с окружающей городской застройкой. Искусственный водоем находится над большим комплексом подземных помещений. Сам конференц-центр в виде цветка является надземной частью большого муниципального центра, в котором располагаются управляющие структуры, конференц-залы, магазины.

В парке площадью 5.5 гектаров, окружающем центральный водоем, находятся музей современного искусства и галерея, где проходят выставки работ художников и скульпторов.

Муниципалитет, являвшийся заказчиком проекта, ставил целью создание культурно-значимого и запоминающегося объекта, несущего символическую и знаковую нагрузку. Это, прежде всего, идея неразрывной связи человека с природой, и это важный религиозный символ в буддизме.

В схеме конструкций трех зданий, словно плавающих на водной глади, реализованы три периода развития цветка лотоса: бутон, распустившийся венчик цветка и находящаяся внутри коробочка с семенами.

Биоморфизм проекта отвечал растущему запросу общества на улучшение экологии городской среды и уважение к природе. Здание Лотос-Парк оказалось исключительно удачным опытом биоморфного направления в архитектурном проектировании.



Рисунок 1 – Лотос- Парк

Заслуживает особого внимания и энергоэффективность здания. Остроумное решение системы естественного проветривания дополняется системой 2500 геотермальных скважин, расположенных под водой. Масса воды искусственного водоема смягчает воздействие колебаний наружной температуры: охлаждает помещения летом и согревает в них воздух зимой. Испарение воды и возникающая под куполом естественная тяга создают оптимальный тепловой режим при эксплуатации здания. Программное обеспечение: Rhino, Revit, Illustrator, 3D Studio Max, Photoshop и другие программы активно использовались в процессе проектирования. Большое значение придавалось визуализации проекта, так как заказчики хотели получить, в частности, четкое представление о цветовых решениях, которые имели для них принципиальное значение. Поэтому выбирались графические редакторы, дающие вполне реалистичную картину. В проекте большая роль отводится освещению и вечерней наружной подсветке зданий: это осуществляется с помощью люстр, напоминающих тычинки лотоса, в том числе, гигантской (7 метров в высоту) центральной люстры, символизирующей сердцевину цветка. Удивительно красиво выглядит здание при вечерней подсветке, отражаясь в водной глади. Каркас элементов здания, представляющих лепестки лотоса, изготовлен из ребристых металлических структур, выглядящих легкими и прозрачными, словно живыми.

Такая конструкция снижает ветровую нагрузку на здание, что также оказалось одним из удачных решений, найденных проектировщиками. Стены облицованы шестиугольными плитами небольшого типоразмера. Бледно-розовый, бежевый и бледно-сиреневый цвета подчеркивают сходство сооружения с цветком. Амбициозный проект такого рода было бы невозможно осуществить без использования технологий информационного моделирования. Особо следует отметить тренд на обеспечение видео экологии городской среды. Глаз человека устает больше обычного, обозревая одни лишь прямоугольные контуры преобладающих в городах зданий. Поэтому здания мягкой природной формы служат «музыкой для глаз», предоставляя зрительному аппарату и нервной системе возможность отдохнуть от резких грубых контуров. Но такие сложные формы представляют большие проблемы как в плане правильного описания и изображения используемых прототипов геометрических поверхностей, так и расчета их. Интересно сравнить сроки проектирования и возведения построенного в Индии храма Бхай Лотос (Священный Лотос), также выполненного в виде цветка лотоса, по проекту иранского архитектора Фариборза Садхи. На это ушло 10 лет: с 1976 по 1986 годы, строительством занималась команда из 800 специалистов! А весь процесс проектирования и строительства Лотос-Парка занял всего 3 года – с 2011 по 2014 год.

Вывод: Улучшение качества городской среды, а следовательно, физического и ментального здоровья и трудоспособности жителей, в настоящее время вполне осуществимая задача, благодаря большим возможностям ТИМ в проектировании, строительстве и сопровождении жизненных циклов сооружений. Новый подход к проектированию и строительству позволяет формировать планы комплексного развития городских территорий, создавать уникальные объекты и добиваться при этом значительной экономии сил, средств и времени.

Библиографический список

1. *Баклушина И.В.* Особенности использования технологии информационного моделирования (BIM технологии) на примере программного обеспечения Revit // Тенденции развития науки и образования. – 2020 – № 62-5. – С. 80-83.
2. *Деделева Л.Я. Евтеева Э.А., Стенура Е.А.* Геометрия природы – источник вдохновения Антонио Гауди. В сборнике: Дни студенческой науки. М: изд-во НИУ МГСУ. 2022.
3. *Лебедев Н.А., Фаткуллина А.А.* Невозможное в архитектуре. В сборнике: Дни студенческой науки. М: изд. НИУ МГСУ 2019. С. 790-792.
4. *Талапов В.В.* Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. - М.: ДМК Пресс. 2015.- 410 с.
5. *Чеченов Т.В., Митина Т.В.* Архитектура и живая природа – непрерывный процесс взаимодействия. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры НИУ МГСУ. Москва, 2020. С. 719-721.

Ушаков Владислав Сергеевич, студент 2 курса 40 группы ИЭСМ
 Научный руководитель –
 доц., канд. техн. наук **А.В. Иващенко**

ЧЕТЫРЕХМЕРНЫЙ ТЕТРАЭДР И ЕГО СВОЙСТВА

«Исторически представление о более чем трехмерном пространстве зарождалось постепенно, первоначально на почве геометрического представления степеней: a^2 — «квадрат», a^3 — «куб», но a^4 и т. д. уже не имеет наглядного представления, и говорили a^4 — «биквадрат», a^5 — «кубоквадрат» и т. д.» [1].

В многомерном пространстве «...основные понятия ... строятся путем заимствования у трехмерного случая и надлежащего обобщения на многомерный» [2].

«Координатная система, к которой отнесено четырехмерное пространство, состоит из четырех взаимно перпендикулярных координатных осей Ox , Oy , Oz и Ot » [3].

В пространстве любой размерности существует «стандартный заполненный симплекс $Simp_d = \{(x_1, \dots, x_{d+1}) : \sum_i x_i = 1, x_i \geq 0 \forall i\}$ » [4]. В случае одномерного пространства это отрезок, в двумерном пространстве - треугольник, в трехмерном – тетраэдр (не обязательно правильный), в четырехмерном – четырехмерный тетраэдр (гипертетраэдр).

Поскольку четырехмерный тетраэдр не принадлежит нашему евклидову пространству, то изобразить мы его не сможем, однако трехмерные проекции вполне доступны для изображения в виде двумерных проекции какой-либо выбранной трехмерной проекции. Четырехмерный тетраэдр обладает как топологическими, так и геометрическими свойствами. Как топологический объект, гипертетраэдр имеет 5 вершин, 10 ребер, 10 треугольных граней, и 5 тетраэдрических гиперграней (пространственные отсеки в виде тетраэдров (не обязательно правильных)). Чтобы получить какую-либо проекцию этого объекта, достаточно получить проекции всех его четырехмерных вершин, и затем последовательно соединить отрезками (проекциями ребер) каждую из вершин со всеми другими вершинами.

Это относится как к трехмерным, так и к двумерным, и даже к одномерным проекциям гипертетраэдра. Кроме топологических свойств, имеются гиперстереометрические свойства – а именно, в любом невырожденном четырехмерном тетраэдре можно посчитать гиперобъем и гиперплощадь гиперповерхности, под которой следует понимать сумму объемов тетраэдров, образующих его границу. Также можно найти центры и радиусы гиперсфер – описанной и вписанной.

Нами была создана программа в среде NanoCAD на языке Lisp, которая позволяет прочерчивать в реальном режиме времени все примитивы, как если бы они отрисовывались по командам NanoCAD'a. В этой программе

алгоритм работы был таков. Вначале вычерчивались изображенные во фронтальной диметрии четыре трехмерные координатные системы, представляющие собой аксонометрические изображения фрагментов гиперплоскостей проекций. Затем высвечивалось диалоговое окно, в котором нужно было указать четырехмерные координаты пяти вершин (всего 20 чисел) или согласиться с предложенными по умолчанию. Затем последовательно вычислялись все координаты трехмерных проекций вершин, затем — экранные координаты этих проекций, и двумерных проекций трехмерной проекции (следует иметь в виду, что каждую из четырех трехмерных проекций точки можно спроектировать на двумерные плоскости проекций, но каждая такая двумерная плоскость проекций появляется в двух трехмерных гиперплоскостях проекций. Например, проекция на плоскость XU встретится как в гиперплоскости проекции $XUZY$, так и в гиперплоскости проекции XUT , и в итоге нужно изобразить не 6 двумерных проекций, а 12). После этого выполнялся основной блок отрисовки отрезков. Результат работы программы показан на приведенном рисунке 1.

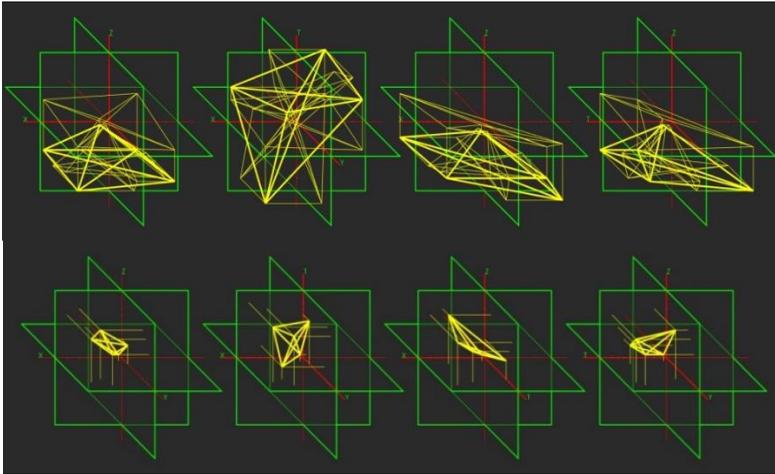


Рисунок 1 - Результат работы программы изображений проекций гипертетраэдра в разных режимах отрисовки.

На верхнем варианте показаны как трехмерные, так и двумерные проекции ребер гипертетраэдра, на нижнем — только трехмерные (но с сохранением линий проекционной связи для проекций вершин). Все проекции точек, принадлежащие одной плоскости проекций, соединялись десятью отрезками, также и трехмерные проекции точек, соединялись 10 отрезками. На каждом аксонометрическом изображении трехмерных проекций ребер гипертетраэдра нужно было провести 10 отрезков, и еще по

10 ребер на каждой из трех плоскостей проекций, итого – 40 отрезков на каждую трехмерную проекцию, и, поскольку проекций четыре, то в целом – 120 отрезков. Помимо этих отрезков, нужно было проводить линии проекционной связи, потому что иначе аксонометрические изображения становятся не наглядными.

Поскольку, прежде чем чертить отрезок, нужно было вычислить его экранные координаты NanoCADe, то в итоге время работы программы достаточно велико по современным меркам – от 2 до 3 минут. Для сокращения времени счета можно отказаться от вычерчивания линий проекционной связи. Тем не менее определенное представление от изображения проекций мы получаем.

Программирование на Lisp'e требует определенного стиля мышления, поскольку он непривычен как точки зрения синтаксиса операторов, так и с точки зрения логики работы программных конструкций. Из-за того, что язык предназначен для обработки списков, достаточно сложно реализовать обращение к элементу списка по номеру (кроме первых нескольких элементов).

К особенностям Lisp'a можно отнести и то, что это бестиповый язык, ответственность за использование тех или иных переменных лежит на программисте. Версия Lisp-интерпретатора, реализованная в NanoCAD'e, не обладает развитыми методами отладки, и единственная, по сути дела ошибка, о которой предупреждает система, сводится к нарушению баланса скобок (остальные ошибки выясняются лишь в процессе выполнения Lisp-скрипта), поэтому процесс разработки осложнен.

В результате можно сделать вывод о том, что возможности программирования, предоставляемые системой NanoCAD позволяют моделировать не только трехмерные объекты, но также получать изображения трехмерных проекций четырехмерных объектов, причем не только статические, как в вышеописанной программе, но и динамические.

Библиографический список

1. Математическая энциклопедия, под ред. И.М. Виноградова, М.: 1982г., издательство «Советская энциклопедия» т. 3.
2. *Ефимов Н.В., Розендорн Э.Р.* Линейная алгебра и многомерная геометрия. – 3-е издательство – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2004. – 464 с.
3. *Филитов П.В.* Начертательная геометрия многомерного пространства и её приложения. – М.: URSS, – 2016. 282 с.
4. *Берже М.* Геометрия, М.: Мир. – 1984.

Федоров Артём Михайлович, студент 1 курса 4 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
ст. преподаватель **А.В. Степура**

ЛАХТА-ЦЕНТР И ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Башня Лахта (рисунок 1) – это новый символ современной архитектуры и гордость города Санкт-Петербург. Она является самым высоким зданием в России и вторым по высоте в Европе. Башня Лахта удивляет своей уникальной формой и очаровательной красотой.



Рисунок 1 – Лахта-центр

Это самый высокий и самый северный небоскреб Европы и европейской части России. Данный комплекс является штаб-квартирой компаний "Газпром" и "Газпром нефть" и может быть примером инновационного подхода к архитектуре и строительству. Располагается Лахта Центр по адресу: Санкт-Петербург, Высотная ул.,1.

Возведение башни вызвало много споров у специалистов и жителей города. Споры вокруг строительства башни не утихают по сей день. В народе башню наградили не самыми звучными эпитетами: «кукуруза», «башня Саурана», «газпромбашня», «игла».

Первоначально планировалось расположить Центр, который тогда называли Охта, а не Лахта, рядом с одноименным мостом –

Большеохтинским. Трепетное отношение петербуржцев к сохранению исторического облика города привело к протестам против выбранного местоположения башни. В итоге проект было решено перенести в Лахту, на берег Финского залива, а небоскреб сменил название. Перенос проектируемого здания сопровождался также увеличением его высоты на 66 метров, что было связано также и с особенностями нового положения в силуэте города.

Таким образом, Лахта Центр (при высоте 374м) стал высочайшим небоскребом России, опередив московскую башню «Федерация» на 88м [1].

Наименование Лахта Центр возникло от топонима «Лахта» – это старинное финское поселение на берегу Финского залива. Башня возвышается над морской гладью и служит прекрасным ориентиром как со стороны моря, так и с суши. За время строительства было применено более 100 уникальных технологических решений.

Так, например, бетонирование свайного фундамента башни, опирающейся на двести шестьдесят четыре сваи, стало своего рода рекордом для такого рода строительных работ. Заливка фундамента на протяжении сорока девяти часов потребовала непрерывной доставки бетона «с колес», при этом необходимое количество раствора обеспечивали тринадцать заводов. На строительство ушло около 400 000 м³ бетона.

Вся конструкция должна была выдерживать нагрузку в 670 тысяч тонн – именно столько весит здание [2].

В 2021 году Лахта Центр стал победителем STVUN Awards 2021 — основной международной премии в области возведения уникальных высотных зданий. Кроме того, небоскреб является победителем многих престижных европейских конкурсов в различных номинациях. Необходимо отметить, что Лахта Центр относится к самым экологичным сверхвысоким зданиям планеты.

В конце 2018 года Лахта Центр получил сертификат экологичности в соответствии с требованиями международной программы LEED Platinum и занял почетное место в ряду пяти наиболее экологически эффективных сверхвысоких башен планеты. Благоприятная для здоровья человека внутренняя среда здания обеспечивается цифровой регулирующей системой удаления продуктов жизнедеятельности и мусорных отходов, которая также сводит к минимуму выделение углекислого газа в атмосферу. Криогенные установки в здании позволяют запастись лед в количестве до тысячи тонн. Это происходит ночью. Днем запасы льда используются для поддержания комфортной температуры в помещениях в жаркое время.

Данное решение значительно повысило энергоэффективность сооружения [3]. Внешний вид башни Лахта Центра является одним из его самых уникальных черт. Тони Кеттл, главный архитектор проекта, считает, что Лахта стала одним из символов современного Петербурга, одним из знаковых элементов, удачно вписанных в силуэт исторической застройки города. У здания нет крыши, оно заканчивается шпилем, одной из важных

функций которого является защита от молний, попадание которых для него безопасно и создает необычные и красочные эффекты во время гроз. На шпигеле башни находится также автоматическая метеостанция, смонтированная в 2019 году. Она передает важные метео данные, которые используют специалисты для подготовки прогнозов погоды [4].

Решение сложнейших проектных задач и реализация такого уникального архитектурного проекта стали возможными благодаря использованию новейших BIM-технологий, параметрического моделирования и визуального программирования. Это свидетельствует о потенциале и возможностях применения технологий информационного моделирования в реализации сложных и уникальных проектов.

Внутри башни Лахта Центра находится множество коммерческих, офисных и жилых помещений, что делает ее не только прекрасным архитектурным объектом, но и функциональным зданием. Здесь можно найти рестораны, магазины, офисы крупных компаний и просторные апартаменты с панорамными видами на город и Финский залив. Общее количество этажей – 87, общая площадь комплекса -570 тыс. кв. М [5].

Таким образом, Лахта Центр не только служит впечатляющим образцом современной архитектуры, но и демонстрирует новые стандарты в области строительства и дизайна. Высокая энергоэффективность проектных решений, экологичность и комфорт внутренней среды, минимизация выбросов и отходов и, в целом, высокая надежность и безопасность столь сложного конструктивно объекта, делают его успешным примером для современного проектирования и строительства.

Создание Лахта Центра сделало возможным установление новых мировых стандартов в этой области, демонстрируя, что пределы возможностей для технологий информационного моделирования еще не достигнуты.

Библиографический список

1. Гранкина Д.В, Иванов Н.В., Коняхин В.О. Современные конструктивные решения высотных зданий на примере строительства Лахта-Центра. //Инженерный вестник Дона. №4, 2018.
2. Илюхина Е.А., Лахман С.И., Миллер А.Б., Травуш В.И. Конструктивные решения высотного здания «Лахта Центр» в Санкт-Петербурге. // Строительные науки. №3, 2019. С. 110 - 121.
3. В.А. Пашкевич. Зеленое строительство и энергоэффективность Лахта центра. //Инженерные исследования. 2021, №1(1). С. 12 - 18.
4. Симоненко Я.Б. Комплексная безопасность здания повышенной этажности «Лахта центра». // Alfabuild. №5(7), 2018. С. 7 - 15.
5. Талапов В.В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. - М.: ДМК Пресс. 2015.- 410 с.

*Халикин Илья Алексеевич, студент 2 курса 81 группы ИАГ
Научный руководитель –
преподаватель С.Д. Казаков*

ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ MODELSTUDIO CS

На данный момент существует тенденция к развитию технологии информационного моделирования (ТИМ), которые становятся все более актуальными в строительной индустрии по ряду причин.

Экономия средств: Применение ТИМ может сократить время на проектирование и строительство, что может снизить затраты на проект. **Улучшение качества:** ТИМ позволяет создавать более точные и детальные модели зданий. Это помогает выявить и устранить возможные проблемы на ранних стадиях проекта, снижая вероятность возникновения ошибок и несоответствий. **Повышенная эффективность:** ТИМ обеспечивает более эффективное взаимодействие между различными участниками проекта, такими как архитекторы, инженеры, строители и заказчики. **Экологичность:** ТИМ помогает создавать более энергоэффективные и экологичные здания, позволяя оптимизировать использование ресурсов и уменьшать выбросы. **Уменьшение воздействия на окружающую среду:** ТИМ также способствует уменьшению воздействия строительства на окружающую среду, позволяя заранее учесть и минимизировать возможные негативные последствия. **Возможность анализа и оптимизации:**

С помощью ТИМ можно проводить анализ и оптимизацию проекта на протяжении всего его жизненного цикла, улучшая его характеристики и повышая его эффективность. **Снижение риска непредвиденных ситуаций:** Использование ТИМ делает строительство более предсказуемым, поскольку модели позволяют увидеть и проанализировать возможные риски и проблемы еще до начала строительства.

На сегодняшний день уже существует множество различных программных комплексов способных решать всевозможные задачи, поэтому важно чтобы современные строители могли легко ориентироваться в самых востребованных и популярных программах.

Таким образом практическая значимость исследования заключается в том, чтобы изучить основные преимущества и недостатки формирования элементов моделей в среде ModelStudio CS российского разработчика «СиСофт Девелопмент».

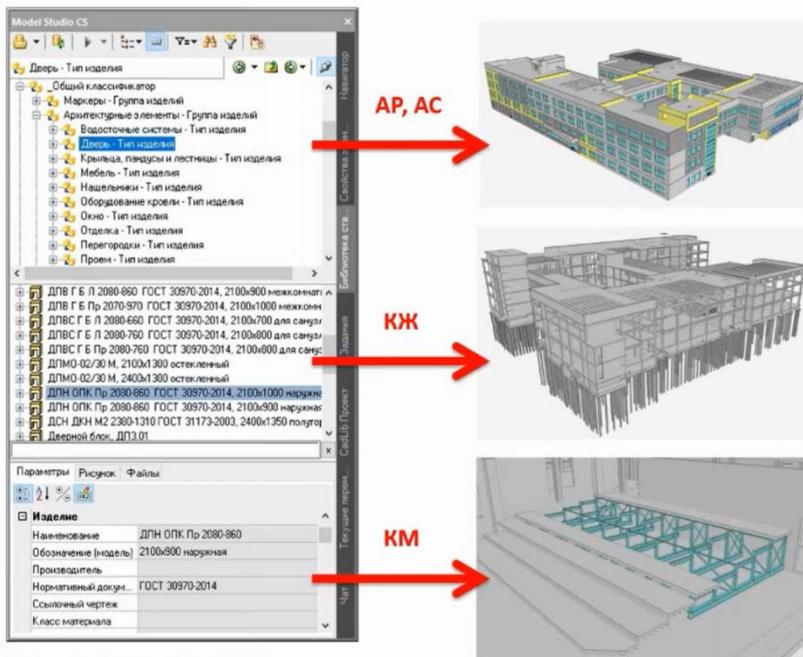
Объектом исследования является продукт компании проектная среда ModelStudio CS.

ModelStudio CS — это среда, входящая в единый реестр российских программ и баз данных, созданный в соответствии со статьей 12.1 Федерального закона «Об информации, информационных технологиях и о защите информации, предназначенная для проектирования, моделирования

и анализа различных объектов в строительстве». Она была разработана компанией «СиСофт Девелопмент» и является одним из лидеров на рынке программного обеспечения для строительства.

ModelStudio CS предлагает базу данных (рисунок 1), широкий спектр инструментов для создания и редактирования моделей, а также для анализа их характеристик. Она поддерживает различные форматы файлов, включая DWG, DXF, IFC и другие, что позволяет работать с моделями, созданными в других программах. Основными преимуществами ModelStudio CS является ее простота в использовании и наличия интегрированной в среду проектирования базы данных. Интерфейс программы интуитивно понятен и не требует длительного обучения. Кроме того, ModelStudio CS обладает высокой точностью и надежностью, что делает ее идеальным выбором для профессиональных пользователей.

База данных Model Studio CS Строительные решения



Model Studio CS

Рисунок 1 – База данных ModelStudio

Ключевыми особенностями базы данных ModelStudio CS является то, что она встроена в среду проектирования. В ней хранятся интеллектуальные объекты с набором атрибутивной информации (более 17 600 единиц хранения). Присутствует возможность пополнять новыми элементами

параметрической графики. Реализованы все необходимые инструменты для работы с базой (поиск, выборка, классификаторы и др.). Удобный выбор и размещения элементов на чертеже одним кликом. Возможность получить полную информацию об объекте без вставки в чертеж. Работа как в локальном режиме, так и в режиме общего доступа на сервере СиСоф. В целом, среда ModelStudio CS представляет собой качественный инструмент для моделирования и анализа строительных объектов. Она обеспечивает высокую производительность, точность и надежность, что делает ее привлекательной для широкого круга пользователей. Программа предоставляет инструменты для создания моделей различных объектов строительства, таких как здания, сооружения, инженерные системы и т.д. Процесс разработки модели в ModelStudio CS включает в себя несколько этапов.

Определение требований к модели

На этом этапе необходимо определить цели и задачи моделирования, выбрать формат модели и определить ее параметры.

Создание модели

Для создания модели используются различные инструменты ModelStudio CS, такие как инструменты для рисования, редактирования и анализа модели (рисунок 2).

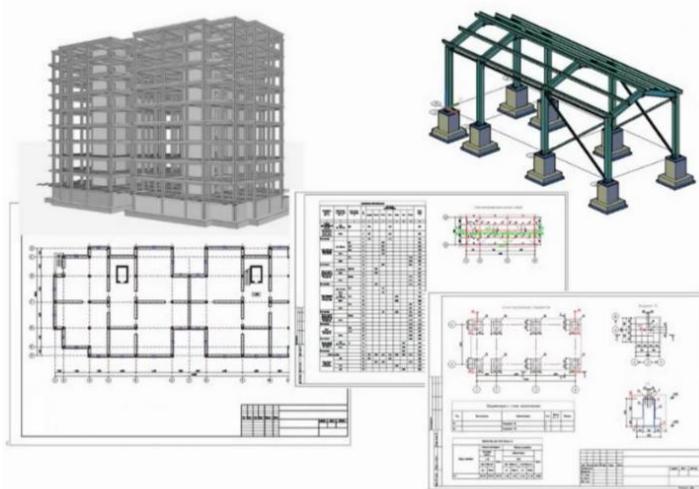


Рисунок 2 – Создание модели

Проверка модели

После создания модели необходимо проверить ее на наличие ошибок и несоответствий. Для этого используются инструменты ModelStudio CS для

проверки геометрических параметров модели и ее соответствия требованиям.

Сохранение модели

После проверки модели ее необходимо сохранить в нужном формате, чтобы использовать в дальнейшем. ModelStudio CS поддерживает различные форматы файлов, такие как DWG, DXF и другие.

Анализ модели: ModelStudio CS позволяет проводить анализ модели, например, определять ее геометрические параметры, находить коллизии и другие проблемы.

Оптимизация модели

Если необходимо, можно провести оптимизацию модели, например, изменить ее геометрию, добавить новые элементы и т.д.

Экспорт модели

В конце процесса разработки модели ее можно экспортировать в другие программы или форматы файлов для дальнейшего использования.

ModelStudio CS предлагает очень широкий спектр различных инструментов и предоставляет инженеру возможность создания цельного наглядного объекта, подходящего по всем нормативам и ГОСТ и выполнение любых необходимых чертежей на основании 3D модели, что позволяет удовлетворить любые потребности современного строителя во всех сферах от отображения геологической информации до проектирования любых инженерных сетей здания.

Библиографический список

1. Атрибутивная проработка элементов ЦИМ-АР. Сметы. BIM - Википедия [Электронный ресурс]. URL: https://wiki.bim-advice.ru/homepage/attributes_model/model-attributes (дата обращения: 03.02.2024).
2. 2GOMS – анализ юзабилити интерфейса [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/512712/> (дата обращения 19.02.2024).
3. Руководство по информационному моделированию (BIM) для заказчиков на примере промышленных зданий [Электронный ресурс]. URL: https://www.idtsoft.ru/sites/default/files/fields/node/publication/field-files/2019-09/bim_guide_for_owners_%28clients%29_of_industrial_facilities_2019-03-18.pdf (дата обращения 19.02.2024).
4. Экспертиза BIM – проектов с использованием среды общих данных. Часть 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://ardexpert.ru/article/25845> (дата обращения 19.02.2024).
5. BIM – стандарт. Промышленные объекты. BIM – стандарт и набор сопутствующих практических шаблонов для проектных организаций и служб технического заказчика, применяющих в своих рабочих процессах технологию BIM. [Электронный ресурс]. URL: <https://infrabim.csd.ru/upload/news/bim-standart-promyshlennye-objekty.pdf> (дата обращения 19.02.2024).

Царюк Дмитрий Евгеньевич, студент 1 курса 101 группы ИЦТМС
Шкапова Елизавета Федоровна, студент 2 курса 25 группы ИЭУКСН
Научный руководитель –
преподаватель С.Д. Казаков

АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ СТОИМОСТИ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

1. Введение

В современном мире строительства и проектирования зданий и сооружений, технология информационного моделирования (BIM) становится все более популярной и востребованной. С помощью этой технологии возможно создание виртуального представления здания или сооружения, что позволяет значительно улучшить качество проектирования и снизить затраты на строительство. Однако, применение BIM технологии требует значительных финансовых затрат на начальных этапах - на этапе проектировочных работ.

В данной научной работе мы ставим перед собой задачу провести анализ существующих методик расчета финансовых затрат на проектирование BIM и предложить пути их оптимизации. В ходе исследования будут рассмотрены такие аспекты, как определение стоимости проектных работ, учет специфики BIM-проектирования, оценка эффективности.

Существует множество разновидностей экономических и математических методов и моделей расчёта базовой стоимости строительных работ. Однако в используемом расчётно-аналитическом инструментарии не конкретизируется процесс разработки и моделирования компонентов информационной модели (BIM-модели).

2. Теоретическая часть (изучение документа)

В качестве рассматриваемых методик, были выбраны “Методические рекомендации по расчету стоимости проектирования при использовании технологии информационного моделирования, осуществляемого с привлечением средств бюджета города Москвы”.

В этом документе базовые цены на основные проектные работы определяются в зависимости от натуральных показателей по формуле:

$$\mathbf{Ц(б) = a + в \cdot X,}$$

где Ц(б) - базовая цена основных проектных работ (тыс. руб.),

a - постоянная величина, выраженная в тыс. руб.;

в - постоянная величина, имеющая размерность тыс. руб. на единицу натурального показателя;

X - величина (мощность) натурального показателя рассматриваемого объекта.

Значения параметров «а», «в» и натурального показателя «Х» для различных объектов проектирования представлены в соответствующих таблицах раздела 3.

Натуральный показатель - общая площадь здания (кв. м). Величина общей площади здания определяются в порядке, установленном действующими сводами правил (СП) на проектирование соответствующих объектов.

Базовая стоимость основных проектных работ определяется по следующей формуле:

$$C_{(б)} = Ц_{(б)} \times K_{в} \times K_{ср} \times \prod_{i=1}^n K_i$$

где

$C_{(б)}$ - базовая стоимость основных проектных работ;

$Ц_{(б)}$ - базовая цена основных проектных работ;

$K_{в}$ - коэффициент, учитывающий вид разрабатываемой документации (определяется по таблице 1);

$K_{ср}$ - коэффициент, учитывающий состав разделов разрабатываемой проектной и рабочей документации (определяется по таблицам приложения 1);

$\prod_{i=1}^n K_i$ - произведение корректирующих коэффициентов, учитывающих усложняющие (упрощающие) факторы и условия проектирования (приведены в разделах 2 - 4); произведение всех коэффициентов K_i , кроме коэффициента, учитывающего вид реконструкции существующего объекта (таблица 4.4.1), не должно превышать значения 2,0.

3. Практическая часть (построение графической модели и расчет затрат на эту работу)

Практическую часть нашей работы мы выполняли в программе «Renga».

Нами был спроектирован двенадцатипятиэтажный жилой кирпичный дом.

Для расчета стоимости нашего объекта необходимо воспользоваться таблицей 3.1.1 строкой №4.

Для начала рассчитаем базовую ценность основных проектных работ ($Ц_{(б)}$).

Наше спроектированное здание имеет площадь 1240 м², значит нам необходимо брать значения по второй строчке, а именно:

- $X = 1240 \text{ м}^2$

- $a = 70$ тыс. руб.
- $b = 0,518$ тыс. руб./м²

Подставив эти числа в первую формулу, мы получим значение $C(b) = 1.310.518$ рублей. Далее расчет ведется по второй формуле. Для этого необходимо посмотреть на таблицу 1 и воспользоваться таблицами. На рисунке 1 представлен процесс начала моделирования стен и перегородок здания по исходным данным для проектирования сооружения.

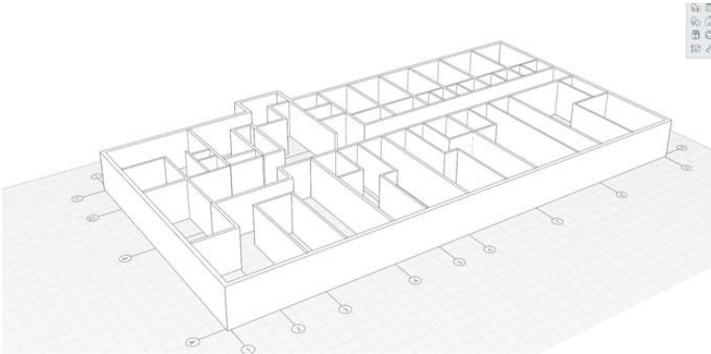


Рисунок 1 – Модель этажа. Стены и перегородки

Рисунок 2 демонстрирует план типового этажа здания.

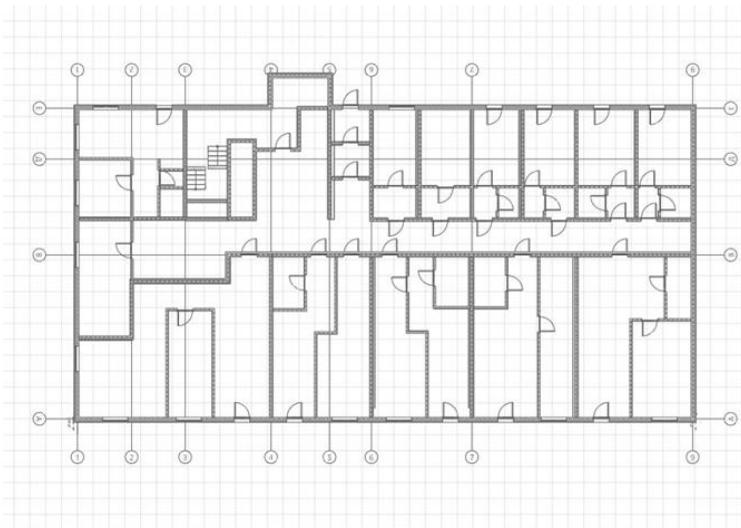


Рисунок 2 – План здания

Рисунок 3 показывает моделирование оконных и дверных проёмов в здании в соответствии с заданными параметрами.

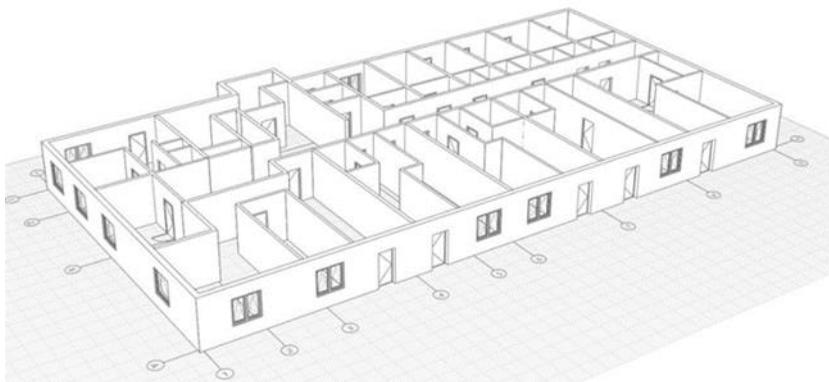


Рисунок 3 - Модель этажа с оконными и дверными проёмами

Рисунок 4 представляет целостную модель двенадцатиэтажного здания.

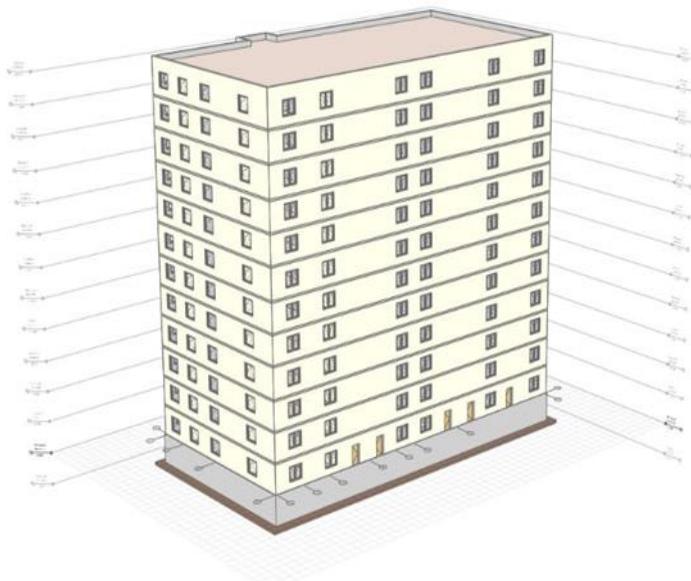


Рисунок 4 – Модель здания

$K_b = 1,0$ - разрабатывается проектная и рабочая документация (пункт 3 таблицы 1).

Из расчёта следует, что $C(6)$ - базовая стоимость основных проектных работ = 1.310.518 рублей

Так же необходимо определить текущую я стоимость проектных работ определяется по формуле «Общих указаний по применению Московских региональных рекомендаций. [MPP-1.1-16](#)» и составляет:

$$C_{\text{пр(т)}} = C_{(6)} \times K_{\text{пер}} = 1310518 \times 3,683 = \underline{4.826.638 \text{ рублей}},$$

где $K_{\text{пер}} = 3,83$ - коэффициент пересчета (инфляционного изменения) базовой стоимости работ градостроительного проектирования, осуществляемых с привлечением средств бюджета города Москвы, в уровень цен I квартала 2018 года (согласно приложению к приказу Москомэкспертизы № МКЭ-ОД/17-71 от 19.12.2017).

4. Вывод (анализ документа относительно работы с ним над расчетами собственного проекта)

Первое, что хотелось бы сказать: Данный методический материал очень неудобен в использовании, поскольку в нем приводятся очень много таблиц. В этих таблицах достаточно тяжело ориентироваться, так как информации много и разные значения находятся в противоположных концах документа.

Второе – нам кажется, что таблицы пункта три имеют очень большие промежутки натуральных показателей, так как из-за этого точность расчетов снижается.

Третье – не очень понятно, из чего складываются многие коэффициенты, и как они были рассчитаны. Если бы в этом документе было приложение с формулами для всех коэффициентов можно было бы либо точнее рассчитать стоимость проектных работ для некоторых проектов, либо лучше понять из каких аспектов складываются коэффициенты.

Также методика не учитывает сопутствующие расходы, такие как: обучение сотрудников, покупка лицензии на использование программ BIM, программное обеспечение и оборудование, расходы, связанные с интеграцией BIM с другими системами и программным обеспечением.

5. Заключение

В заключении стоит отметить, что методика расчета финансовых затрат на проектирование BIM требует дальнейшего совершенствования. Несмотря на то, что она учитывает основные статьи расходов, она не полностью учитывает все факторы, которые могут оказать влияние на стоимость проекта. Например, не учитываются затраты на обучение персонала, интеграцию BIM с другими системами и хранение данных.

Также стоит учесть специфику каждого проекта и возможные риски, чтобы более точно оценить его стоимость.

В дальнейшем необходимо разработать более точную и универсальную методику расчета затрат на BIM-проектирование, которая будет учитывать все возможные факторы и позволит более точно оценивать стоимость проектов.

Библиографический список

1. Правительство Москвы. Комитет города Москвы по ценовой политике в строительстве и государственной экспертизе проектов // Методические рекомендации по расчету стоимости проектирования при использовании технологии информационного моделирования, осуществляемого с привлечением средств бюджета города Москвы [Электронный ресурс] URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293732/4293732841> htm (дата обращения: 02.02.2024).
2. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства российской федерации // приказ от 24 декабря 2020 года N 854/пр. Об утверждении Методики определения стоимости работ по подготовке проектной документации, содержащей материалы в форме информационной модели [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/573731271> (дата обращения: 02.02.2024).
3. Московский экономический институт // Математическое моделирование расчета трудозатрат в строительстве на основе bim-технологий [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskoe-modelirovanie-raschyota-trudozatat-v-stroitelstve-na-osnove-bim-tehnologiy/viewer> (дата обращения: 03.02.2024).

Чо Су И Ни, студентка 1 курса 41 группы ИАГ
 Научный руководитель –
 доц., канд. пед. наук, доц. **Т.Ф. Турутина**

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЧЕРТЕЖНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В КОНТЕКСТЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Человечество пользуется чертежными и графическими инструментами еще со времен глубокой древности, когда возникла потребность в строительстве самых разнообразных сооружений и конструкций. История развития чертежных инструментов напрямую связана с историей эволюции и самих чертежей. В данной научной статье, я предлагаю проследить путь модернизации графических инструментов, который напрямую взаимосвязан с процессом развития техники и строительства, а также приглашаю к размышлению над вопросом актуальности использования привычных нам чертежных приборов в процессе градостроительного проектирования в век интенсивного развития компьютерных технологий.

Одним из главных способов коммуникации между собой у древних людей являлось изображение различных предметов, этот навык возник еще задолго до появления письменности. Со времен возведения простейших построек до более сложных сооружений, мастера начали использовать информационно-емкие рисунки, которые стали задатком для создания чертежей, в то время они представляли собой планы строений. На рисунке 1 (а) мы видим, что чертежи выполнялись в натуральную величину прямо на земле, на месте будущего сооружения. Для проектирования таких планов применялись первые чертежные инструменты – на рисунке 1 (б) представлены деревянный циркуль-измеритель и веревочный прямоугольный треугольник.



а



б

Рисунок 1 – Древние чертёжные инструменты:

- а) Изображение древнего способа выполнения чертежа,
- б) Деревянный циркуль-измеритель и веревочный прямоугольник

В дальнейшем чертежи выполнялись в уменьшенном виде на таких материалах, как деревянные и глиняные дощечки, пергамент, холст, с целью уместить форму и габариты конструкции или предмета. В ходе

археологических раскопок древнего кургана во Франции был найден железный циркуль, который датируется I веком н.э., в городе Помпеи под было обнаружено множество бронзовых циркулей. При раскопках в Великом Новгороде, ученые наткнулись на стальной циркуль-резец [3]. В итоге, как мы можем заметить на рисунке 2, при сравнении циркулей из древности (а) и современного экземпляра (б), конструкция чертежного инструмента за века практически не изменилась.



Рисунок 2 – Сравнение циркулей:
а) Бронзовый циркуль,
б) Современный металлический циркуль

Одним из основных и примитивных чертежных инструментов была и остается линейка. Древние греки использовали дощечки с насечками, чтобы измерять небольшие расстояния. Основоположником современной линейки является Франция – ученые Парижской Академии наук разработали улучшенный вид инструмента с новой системой мер, поделив линейку на сантиметры и миллиметры. В Древней Руси существовал свой прототип линеек – аршин. На рисунке 3 видно, что он представлял собой прямую палку или планку, на которую наносили деления кратные аршину и вершкам, изготавливался из дерева, а позже — железа. В XIX в. ученый Д.И. Менделеев ввел в России метрическую систему, а с ней и привычную нам линейку. На сегодняшний день они различны по форме, величине, отметкам и соответственно своим функциям. Например, канцелярские линейки нужны для измерений и проведения прямых линий, проверочные в машиностроении выявляют и определяют неровности на поверхности, логарифмические помогают вычислить корень любого числа, лекало является шаблоном для проведения разного рода кривых линий, и так далее.



Рисунок 3 – Аршин:
а) Деревянный, б) Железный

Очевиден тот факт, что чертёжные инструменты со временем претерпели преобразования и значительно уменьшились в размерах. Перечень современного чертёжного оборудования весьма обширен. Такое разнообразие обусловлено тем, что с течением времени менялись требования к чертежу как проектному документу, его графическое оформление и содержание. Впоследствии профессиональным конструкторам и чертёжникам, при выполнении высоко-детализированных чертежей, было недостаточно обычного набора инструментов. До этого на протяжении десятков столетий информация ограничивалась одним общим планом и фасадом без учета масштаба. В России изображение чертежа в масштабе было введено при Петре I, в дальнейшем при нем предмет «Черчение и рисование» в технических и военных школах стал основным.

В 1795 г. была опубликована книга французского математика Гаспара Монжа Начертательная геометрия, в основе которой лежало прямоугольное проектирование. Несколько лет спустя, в России в 1821 г. профессор Я.А. Севастьянов издаёт свой труд «Основания начертательной геометрии». В XIX в. архитектурно-строительные чертежи, выполненные такими талантливыми русскими зодчими, как В.И. Баженовым, М.Ф. Казаковым, А.Н. Ворониhiным и др., отличались высоким графическим совершенством и вместе с тем содержали планы, фасады, и разрезы зданий, построенные в точном соответствии с законами прямоугольного проектирования [1].

Во второй половине XIX в. русская машиностроительная промышленность стала развиваться более интенсивно, поэтому в программы высших учебных заведений был введен ряд учебных дисциплин конструкторского и технологического характера. В 1893 г. выпускается книга военного педагога В.Г. Бооля под названием «Инструменты и приборы геометрического черчения», где он описал большое количество чертежных приборов и их назначение. К технике выполнения чертежей предъявлялись повышенные требования: основное изображение конструкции дополнялось условными разрезами изделий и окрашиванием места разреза разными цветом в зависимости от вида материала. Хоть изображение от этого приобретало более высокую точность, на выполнение таких чертежей уходило много времени, поэтому технику черчения начали упрощать, используя условные изображения и различные знаки.

В 1968 г. в СССР были утверждены единые стандарты «Единая система конструкторской документации». Данный комплекс стандартов позволил сократить сроки и снизить трудоемкость разработки документации, а также повысить уровень унификации и стандартизации изделий. В это же время можно отметить появление готовален, пример представлен на рисунке 4. Представляет собой набор высококачественных инструментов, которые даже отправлялись на экспорт за границу. Разнообразие комплектности позволяла школьникам самостоятельно разобраться в принципах работы чертежно-измерительных инструментов, а мастерское исполнение такого набора отражалось в его долговечности, поэтому готовальни часто передавали из

поколения в поколение. К сожалению, после распада СССР их производство было прекращено [2]. В последние десятилетия, в связи с динамичным развитием компьютерных и информационных технологий, чертёжные инструменты претерпевают революционные преобразования. Привычные ранее линейки и тушь уступают место плоттерам и принтерам, ведь чертеж, подготовленный на компьютере и напечатанный на лазерном принтере, выходит более качественным и занимает меньше времени, чем выполненный вручную.

Уже сейчас активно развиваются технологии информационного моделирования (в частности BIM-технологии), которые демонстрируют новый подход к процессу градостроительного проектирования:

совершенствуется коммуникация между специалистами, работающими над одним проектом, допускается меньше

ошибок в расчетах, открывается возможность инвесторского контроля. Такие технологии обладают большей наглядностью, так как появляется возможность создания качественного трехмерного прототипа сооружений и конструкций, а также моделей потоков движения людей и машин, что полезно для объемного анализа городской среды в градостроительстве. Такие программы для современного градостроительного проектирования можно назвать чертёжными инструментами XXI века. Кажется, что стадия бумажного чертежа неуклонно теряет свою актуальность, однако, ручная проработка чертежа помогает глубже понять материал и добиться наилучших результатов на этапе проектирования. Все упомянутые ранее чертёжные принадлежности целесообразно использовать для эскизной проработки технической идеи и для учебных целей при изучении дисциплин «Начертательная геометрия» и «Инженерная графика».



Рисунок 4 – Готовальня, 9 предметов.
г. Москва, 1950-1960-е гг

Библиографический список

1. Из истории чертежей и инженерной графики. [Электронный ресурс]. – 2022. Режим доступа: <https://ldaspb.ru/blog/staty/iz-istorii-chertezhej-i-inzhenernoj-grafiki>, (дата обращения: 13.02.2024).
2. Расков А. Что такое готовальня: описание и комплектация. [Электронный ресурс]. – 2018. Режим доступа: <https://www.syl.ru/article/401863/chto-takoe-gotovalnya-opisanie-i-komplektatsiya> (дата обращения: 14.02.2024).
3. Ситников И.С. Из истории развития чертёжных инструментов // 57-я научная конференция аспирантов, магистров и студентов. – Брянск: БГТУ.

Секция
«Информатика и прикладная математика»

*Базунова И.П., Левинская И.И., студенты 2-го курса 63 группы ИПГС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук И.А. Макарова*

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РАСЧЕТОВ

Суть метода конечных элементов

Инженерный анализ методом конечных элементов (МКЭ) заключается в разбиении сплошной среды с бесконечно большими числами степеней свободы на некоторое количество элементов, имеющих конечные числа степеней свободы, в каждом из которых рассчитываются усилие, напряжение и перемещение. Таким образом стержневые конструкции, такие, как балки, колонны и прогоны, разбиваются на некоторое количество отрезков, плоскостные элементы – стены и плиты (в том числе фундаментальные) – на сеть квадратных и треугольных пластин. При этом все эти элементы связаны между собой конечным числом узловых связей и в совокупности составляют конечно элементную модель (КЭМ) – систему закрепленных узлов. Для более точных результатов расчетов размеры элементов разбиения уменьшаются, повышая точность аппроксимации геометрических характеристик и функций перемещений внутри конечного элемента. Исходя из того, что количество степеней свободы КЭМ сложных конструкций, как и количество элементов разбиения, достигает очень больших значений, метод конечных элементов является машинно-ориентированным, и его реализация возможна только посредством специализированных программ. Широкое использование метода объясняется простотой его математической формы и физического толкования. Метод конечных элементов значительно упрощает работу при проектировании, так как может быть применен для зданий и сооружений разных форм, размеров и назначений. Он позволяет наглядно понять схему работы конструкции, а полученные результаты возникающих усилий в стержнях и напряжений в пластинчатых элементах под действием тех или иных нагрузок позволяют, например, подобрать наиболее оптимальное сечение стальных балок или определить необходимое армирование фундаментальной плиты.

Условия для обработки данных

Все расчеты производятся в специальных инженерных программах, таких, как ANSYS и ELCUT. Для проведения расчетов необходимо предоставить программе 3D модель конструкции и чертеж. Также в самой программе задаются все необходимые условия – места и численные значения приложенных сил, материал конструкции, его характеристики, частоты колебаний и т.д. Исходные данные обрабатываются, выявляются самые уязвимые места и рассчитывается запас прочности. После этого

результаты расчетов выводятся в виде наглядной визуальной модели или изображения и таблиц.

Применение метода в разных областях механики

В профессии инженера данный метод применяется широко, в разных областях. Так, например, в статических расчетах он применяется для расчета статической деформации балки под нагрузкой, анализа напряженно-деформированного состояния мостовых конструкций или определения нагрузок на опорную структуру здания. Основной задачей статических расчетов МКЭ является составление матрицы жесткости и нагрузки, после чего можно делать выводы о перемещениях и усилиях в конструкции под действием тех или иных нагрузок. Благодаря возможности моделирования динамического поведения системы под воздействием внешних сил, программы, применяющие МКЭ, могут анализировать динамику системы, определять реакции конструкции на переменные нагрузки в различные моменты времени и идентифицировать резонансные частоты и формы. Что касается термических расчетов – данные программы позволяют моделировать перенос тепла в материалах и структурах, что важно для проектирования эффективных тепловых систем; позволяют учесть неоднородности, анизотропию материалов и теплообмен с окружающей средой, что особенно важно при моделировании сложных конструкций. В гидродинамике метод применим для расчета течения жидкости в трубопроводах и каналах, подбора оптимального сечения труб, расчета числа Рейнольдса, позволяет детально моделировать движение воды вокруг сложных структур, включая турбулентные вихри, а также проводить анализ взаимодействия жидкостей с твердыми поверхностями, то есть моделировать взаимодействия жидкости и структуры, включая сложные силы и распределение давления. Немаловажную роль играет МКЭ в расчетах на повреждение и разрушение материалов. Происходит это по последовательному принципу – 3D модель, загруженная в программу, исследуется на возможные повреждения (исходя из того, какие материалы модели были заданы), далее прогнозируются последующие разрушения и предсказываются поведения материалов при нагрузке, имеющие место быть через какой-то промежуток времени. Такой подход может помочь оптимизировать структуру сооружения и сделать ее более надежной и стойкой к различным видам нагрузок.

Преимущества и недостатки МКЭ

Применение метода конечных элементов, как говорилось ранее, позволяет нам получить точные результаты и расчетов и прогнозы поведения объектов в сравнительно короткий промежуток времени, однако не стоит забывать, что это сложная система, требующая к себе строгого подхода. Наряду с возможностями моделирования сложных геометрических форм и структур, решением различных задач и возможностью проводить оптимизацию конструкции возникают и сложности в использовании данного

метода как основного для всех возможных расчетов. Не стоит забывать, что за всеми расчетами в первую очередь стоят люди, и для корректного выбора параметров модели и правильной интерпретации результатов требуются работники с высокой квалификацией в данной области, ведь при неправильном выборе параметров модели или метода решения появляется возможность возникновения численных ошибок, которые могут привести к необратимым последствиям. Проблемой может стать и необходимость проведения проверки результатов на физическом уровне для подтверждения их достоверности. Также к недостаткам можно отнести обязательное наличие высокопроизводительного оборудования для проведения расчетов при моделировании сложных структур и непостоянную возможность проведения анализа в реальном времени из-за большого объема данных.

Современные тенденции в применении метода конечных элементов

Несмотря на все сложности в использовании, МКЭ в настоящее время широко применяется и развивается в различных направлениях. Так, например, сейчас активно развивается его интеграция с искусственным интеллектом для минимизации шанса ошибки из-за человеческого фактора и снижения острой потребности в высоко квалифицированных сотрудниках. Ведутся работы по улучшению и усовершенствованию прогнозирования поведения конструкций при различных нагрузках и условиях эксплуатации. Для снижения потребности в проведении испытаний на местности в МКЭ активно внедряют виртуальное тестирование, которое, возможно, в будущем полностью заменит реальные испытания и позволит ускорить процесс застройки. Наряду с улучшением программ для 3D моделирования, в программы, совершающие расчеты по МКЭ внедряют возможности создания более точных 3D-моделей конструкций для их детального анализа и тестирования. Также одним из важнейших инструментов в работе с расчетами может стать внедрение алгоритмов для поиска оптимальных решений.

Библиографический список

1. *Хечумов Р.А., Кеплер Х., Прокопьев В.И.* Применение метода конечных элементов к расчету конструкций.
2. Технический центр «Структура» - Прочностные расчеты.
3. Технический центр «Структура» - Расчет на прочность методом конечных элементов.
4. Научная статья из журнала «Молодой ученый» (рубрика «Технические науки») – Решение задач гидродинамики с помощью метода конечных элементов.
5. *Арьков Д.П.* Диссертация «Применение метода конечных элементов на основе смешанного функционала к расчёту пластин и оболочек с учётом физической нелинейности».

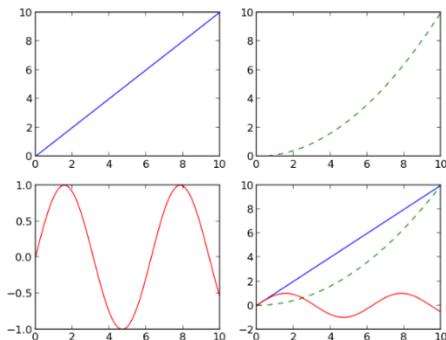
Бугров А.О., студент специалитета 2 курса 63 группы ИПГС
 Научный руководитель –
 доц., канд. техн. наук **И.А. Макарова**

ПРИМИНЕНИЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ПРИЛОЖЕНИЯХ ДЛЯ УПРОЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Автоматизация Excel при помощи Python

Чтение и запись данных: используя библиотеку pandas, вы можете легко читать и записывать данные из Excel файлов. Например, вы можете прочитать данные из файла Excel в DataFrame, выполнить необходимые манипуляции и записать измененные данные обратно в Excel файл.

Автоматизация рутинных задач: с помощью библиотеки openpyxl, вы можете создавать новые Excel файлы, копировать данные между листами, устанавливать стили и форматирование и многое другое. Это удобно для автоматизации рутинных задач, таких как создание отчетов или обновление данных.



Генерация графиков: используя библиотеку matplotlib или seaborn, вы можете создавать красивые графики и диаграммы на основе данных из Excel файлов.

Это может быть полезно для визуализации данных или создания отчетов. Использование Excel веб-службы: с помощью библиотеки xlwings, вы можете связать Python с Excel в реальном времени, что позволяет создавать интерактивные приложения с использованием Excel как интерфейса.

Как Python помогает автоматизировать Revit

Язык Python широко используется в Revit для автоматизации задач, создания пользовательских инструментов и расширения функциональности программы. С помощью Python можно создавать скрипты, плагины и макросы, которые упрощают и ускоряют рабочий процесс проектирования и моделирования в Revit.

Преимущества использования Python в Revit включают в себя:

Автоматизация повторяющихся задач: Python позволяет автоматизировать задачи, которые требуют частого повторения, такие как создание элементов, настройка параметров, экспорт данных и другие операции.

Расширение функциональности:

Python позволяет расширить возможности Revit путем добавления новых функций, инструментов и возможностей, которых нет изначально в программе.

Создание пользовательских инструментов:

С помощью Python можно создавать пользовательские инструменты и интерфейсы, которые удовлетворяют конкретные потребности и требования пользователя.

Этот пример демонстрирует создание новой стены в проекте на уровне 0. Путем написания подобных скриптов на Python можно автоматизировать различные задачи и улучшить процесс работы в Revit.

```
import clr
clr.AddReference('RevitAPI')
clr.AddReference('RevitServices')
from Autodesk.Revit.DB import *
from RevitServices.Persistency import DocumentManager
doc = DocumentManager.Instance.CurrentDBDocument

# Пример создания нового элемента в проекте
level = FilteredElementCollector(doc).OfCategory(BuiltInCategory.OST_1)
if level:
    new_wall = Wall.Create(doc, Line.CreateBound(XYZ(0, 0, 0), XYZ(0,
    TransactionManager.Instance.EnsureInTransaction(doc)
    doc.Regenerate()
    TransactionManager.Instance.TransactionTaskDone()
```

Чтобы на «Питоне» работать в Revit, понадобятся такие инструменты как revit python shell, revitLookup и pyRevit, а также знания Revit API (API - программный интерфейс приложения, позволяющий взаимодействовать с приложением, некие правила записей).

Revit python shell – среда разработки, встроенная в Revit, написанная на языке IronPython (одно из ответвлений Python), которая позволяет быстро написать скрипт и посмотреть, как работает ваш код. Очень помогает при изучении Revit API.

RevitLookup – это интерактивный инструмент исследования базы данных проекта Revit. Поможет понять, как устроен Revit изнутри, и посмотреть, как добраться до нужного параметра.

PyRevit – это среда быстрого прототипирования приложений (RAD) для Revit. PyRevit – мощный инструмент для реализации ваших идей, который

позволяет быстро набросать прототип на любом языке, который вам наиболее удобен в среде Revit, с использованием его API.

При написании скрипта для автоматического создания параметров в Revit, можно воспользоваться следующими шагами:

1. Изучите Revit API и определите методы, которые позволят вам создать параметры. Например, вы можете использовать класс ExternalDefinitionCreationOptions для создания нового параметра.

2. Используйте инструмент RevitLookup для определения пути к нужным параметрам в Revit. Это поможет вам понять их структуру и расположение.

3. Протестируйте вашу идею в Python shell, чтобы убедиться, что код работает правильно и создает параметры в нужном месте.

4. Начните писать код в Visual Studio Code, подключив файл .py к pyRevit для удобства работы с Revit API.

5. Разработайте скрипт, который будет создавать параметры в группе «Идентификация» с необходимыми значениями или формулами.

Библиографический список

1. Изучаем Python: программирование игр, визуализация данных, веб-приложения

2. Автор: Эрик Мэтиз - 2024.

3. Учебное пособие по использованию программ Autodesk <https://help.autodesk.com/view/RVT/2022/RUS/?guid=GUID-9E9688A2-0645-4F8E-9D96-F1B76291A6C6>

4. Методическое руководство по курсу Работы с Microsoft Office 2016: Excel.

Бутыгин В.П., студент 2 курса 62 группы ИППГС
 Научный руководитель –
 доц., канд. техн. наук **И.А. Макарова**

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЁТОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ НА ЭТАПЕ ПЛАНИРОВАНИЯ

Ошибки в расчётах на этапе планирования входят в 6 основных причин разрушений зданий и сооружений как на этапе строительства, так и при эксплуатации здания. Ошибки в расчетах чаще всего связаны с человеческим фактором, таким как понижение концентрации внимания, усталости расчетчика, особенно при использовании больших, емких формул.

Идея упростить расчет и сократить время, затраченное на расчеты, возникла после написания курсовой работы, в которой вручную рассчитывались следующие параметры, состоящие из множества формул, чтобы получить финальную формулу суммарной нагрузки на фундамент

Определение собственного веса стены: Расчет производим для 1 п.м. стены.

Суммарный вес наружной стены 1-го и 2-го этажа и стены подвала составляет:

$$P_{ст} = N_{эт1} \cdot b_n \cdot \gamma_{ц} + N_{эт2} \cdot b_n \cdot \gamma_{ц} + N_n \cdot b_n \cdot \gamma_{ц}$$

Далее определение нагрузки на перекрытие:

Для наружной несущей стены по оси Д

$$P_{пер} = (P_{персоб} + P_{пол}) \cdot L/2 + (P_{персоб} + P_{пол}) \cdot L/2 + (P_{перцок} + P_{пол}) \cdot L/2 + (P_{покр} + S) \cdot L/2$$

Далее определение нагрузки на перекрытие:

Для внутренней несущей стены В

$$P_{пер} = (P_{персоб} + P_{пол}) \cdot L/2 + (P_{персоб} + P_{пол}) \cdot L/2 + (P_{перцок} + P_{пол}) \cdot L/2 + (P_{покр} + S) \cdot L/2$$

Далее определение собственного веса фундамента

Для наружной несущей стены по оси Д

$$P_{пер} = (P_{персоб} + P_{пол}) \cdot L/2 + (P_{персоб} + P_{пол}) \cdot L/2 + (P_{перцок} + P_{пол}) \cdot L/2 + (P_{покр} + S) \cdot L/2$$

Для внутренней несущей стены по оси В

$$P_{пер} = (P_{персоб} + P_{пол}) \cdot L/2 + (P_{персоб} + P_{пол}) \cdot L/2 + (P_{перцок} + P_{пол}) \cdot L/2 + (P_{покр} + S) \cdot L/2$$

И лишь потом определение суммарной нагрузки.

Суммарная нагрузка на фундамент составит:

По оси Д: $R_{\phi} = R_{ст} + R_{пер} + R_{\phi}$

По оси В: $R_{\phi} = R_{ст} + R_{пер} + R_{\phi}$

По оси З: $R_{\phi} = R_{ст} + R_{\phi}$

Исходя из всех предыдущих расчетов проводим расчет Ширины подошвы фундамента.

$$B = R_{\phi} / R$$

$$B = R_{\phi} / R$$

Все эти расчеты были объединены в мою программу:

- Написанную на языке Python с использованием библиотек.
- Tkinter использующуюся для создания окон, ячеек и другого интерфейса.
- И функции time для вывода времени работы программы.

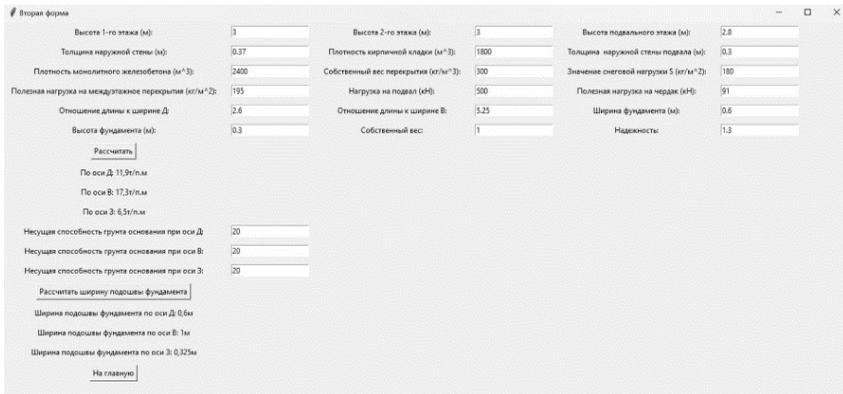


Рисунок 1 - Интерфейс программы

Библиографический список

1. Сысоева Е.В., Трушин С.И., Коновалов В.П., Кузнецова Е.Н. Архитектурные конструкции и теория конструирования: малоэтажные жилые здания / НИЦ ИНФРА-М.: - 2023.
2. Васильев А.Н. «Программирование на Python в примерах и задачах», Москва, 2023.
3. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений.

Дашковский А.С., студент 2 курса 62 группы ИПГС

Ялев И.И., студент 2 курса 63 группы ИПГС

Научный руководитель –

доц., канд. техн. наук И.А. Макарова

ТЕХНОЛОГИЯ БЛОКЧЕЙН В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАТИКЕ: ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЗРАЧНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ

Строительная информатика является сферой деятельности, посвящённой применению информационных технологий в строительстве. Это область, охватывающая разнообразные аспекты, включая проектирование, планирование, управление и контроль строительных проектов. Тем не менее, несмотря на широкие преимущества, которые предоставляет строительная информатика, она также сталкивается с рядом проблем, таких как недостаток прозрачности и небезопасность данных.

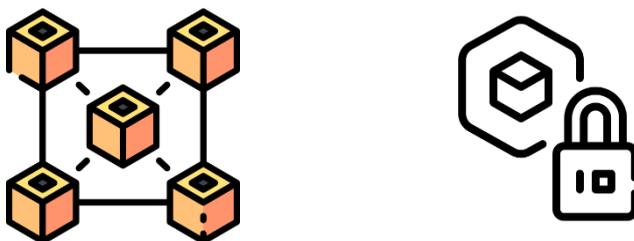


Рисунок 1 - Общая схема работы блокчейна

Технология блокчейн представляет собой децентрализованный реестр, который позволяет хранить и передавать данные без центрального контроля. Каждый блок в цепочке содержит информацию о предыдущем блоке, делая невозможным изменение данных без изменения всей цепочки.

Блокчейн является идеальным инструментом для обеспечения прозрачности и безопасности данных.

Он формируется как непрерывно растущая цепочка блоков, содержащих записи о всех транзакциях.

Копии базы данных или её частей хранятся на множестве компьютеров и синхронизируются в соответствии с формальными правилами построения цепочки блоков. Информация в блоках не шифруется и доступна и открыта в открытом виде.

Одно из основных применений блокчейна в строительной информатике – обеспечение прозрачности и безопасности данных.

Например, блокчейн можно использовать для хранения и передачи проектной документации, такой как чертежи, спецификации и планы.

Это гарантирует, что все участники проекта будут иметь доступ к актуальной информации, а сам процесс будет прозрачным.

Кроме того, блокчейн можно использовать для управления контрактами и платежами. Например, блокчейн можно использовать для создания смарт-контрактов, которые автоматически выполняются при соблюдении определенных условий. Это позволяет избежать ошибок и мошенничества при заключении контрактов.

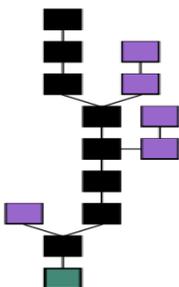


Рисунок 2 - Основная последовательность блоков

Нередко технология используется для контроля доступа, позволяя управлять теми или иными данными. Эта область автоматизирует процессы, повышая эффективность и снижая затраты.

В настоящее время представители различных отраслей предрасположены к технологии блокчейн. Однако уровень интереса компаний в разных отраслях экономики различается. Финансовый сектор активно готовится к повсеместному использованию блокчейна.

Число зарегистрированных блокчейн-патентов с 2017 года

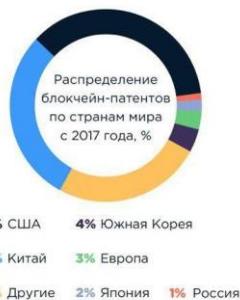
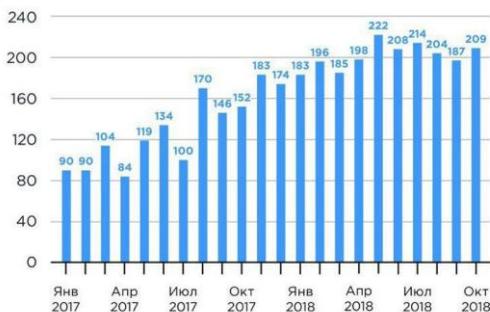


Рисунок 3 - Число зарегистрированных блокчейн – патентов с 2017 года

Многие рассматривают исключительно децентрализованные публичные блокчейны и считают централизованные блокчейны «неправильным» и устаревшим вариантом технологии управления.

Во многих случаях возражения против частных или консорциумных блокчейнов носят скорее философский или вызывающий характер, но есть классы задач, где управляемые или смешанные блокчейны на порядок лучше децентрализованных блокчейнов.

Предприятия и правительства по всему миру активно исследуют возможности применения технологии блокчейн в борьбе с коррупцией и уклонением от налогов.

В сфере строительства, которая является источником многочисленных споров, большая часть которых связана с оплатами, блокчейн может выступать в качестве надежного администратора смарт-контрактов, обеспечивая непогрешимый процесс создания и контроля этих контрактов.

Смарт-контракт – это цифровой протокол, основанный на этой технологии, предназначенный для выполнения условий договора.

Эта технология всё больше и больше развивается с каждым днём, и всё больше стран начинают применять её в различных отраслях.

Например, Швеция и Объединённые Арабские Эмираты планируют использовать блокчейн для введения земельных реестров, правительство Индии борется с земельным мошенничеством с помощью блокчейна, а в первом квартале 2018 года проводился эксперимент по использованию новой технологии для проверки достоверности данных Единого государственного реестра недвижимости на территории Москвы.

Технология блокчейн имеет огромный потенциал в сфере строительной информатики. Она может обеспечить прозрачность и безопасность данных, автоматизировать процессы и повысить эффективность работы. Применение блокчейна в строительной информатике может привести и приведет к значительному росту качества и безопасности строительных проектов.

Библиографический список

1. Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Блокчейн>
2. [Электронный ресурс] URL: <https://vc.ru/crypto/51368-znachimost-blokcheyna-dlya-stroitelnoy-otrasli>
3. Статья «Кроме криптовалют: для чего еще используется блокчейн».

Ефимова А.М., студентка магистратуры 1-го курса 13 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
м. н. с Научно-Образовательного Центра Компьютерного Моделирования
уникальных зданий, сооружений и комплексов им. А.Б. Золотова (НОЦ КМ
им. А. Б. Золотова) **С.Г. Саиян**

ВЛИЯНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ НА ЗДАНИЕ «ФЕДЕРАЦИЯ: ЗАПАД» ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ВОЗВЕДЕНИИ ММДЦ «МОСКВА-СИТИ»

Явление аэродинамической интерференции описывает взаимное влияние зданий при их обтекании воздушным потоком [1].

Данный эффект необходимо учитывать при расчётных аэродинамических исследованиях как перспективных высотных зданий и уникальных сооружений, так и существующей окружающей застройки [2].

Пренебрежение исследованиями может повлечь за собой последствия, препятствующие нормальной эксплуатации зданий, а также угрожающие здоровью людей.

Целью исследования служит определение ветровых нагрузок и воздействий на комплекс «Федерация: Запад» при последовательном возведении зданий ММДЦ «Москва-Сити».

Выделяют 4 ключевых подхода для определения ветровых нагрузок на здания и сооружения:

Нормативно-аналитические методики (СП, Eurocode и т.д.).

Эксперименты в аэродинамических трубах (АДТ) [3].

Математическое (численное) моделирование (CFD) [4].

Натурные замеры и мониторинг [5].

Каждый метод имеет свои достоинства и недостатки, в связи с чем в современной практике используют комплексный подход (CFD + АДТ), позволяющий устранить всевозможные расхождения и прийти к наиболее достоверной картине ветровых воздействий.

В ходе исследования было разработано 14 расчётных моделей (13 вариантов с учетом последовательного возведения зданий + 1 вариант отдельно стоящего комплекса «Федерация: Запад») и рассмотрено 112 расчётных случаев (14 расчётных вариантов × 8 углов атаки ветра).

Комплекс ММДЦ «Москва-Сити», в состав которого входит объект исследования – «Федерация: Запад», указан на рисунке 1 (а).

В данной работе расчётные случаи разрабатывались на основании хронологии строительства ММДЦ «Москва-Сити», приведённой на рисунке 1 (б).

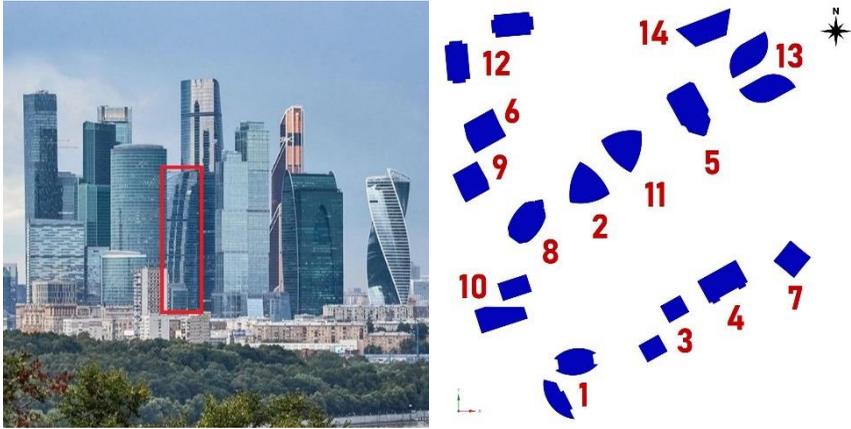


Рисунок 1 - Объект исследования: (а) – ММДЦ «Москва-Сити»; красным прямоугольником обозначен комплекс «Федерация: Запад»; (б) – плоские сечения на высоте 120 метров с хронологией строительства зданий

Вычислительная гидрогазодинамика (CFD) реализует методы численного моделирования для решения задач течений жидкостей и газов. Движение воздушных потоков и их взаимодействие со зданиями описывают трехмерные нестационарные нелинейные уравнения Навье-Стокса (1).

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_x}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_x}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \Delta u_x; \\
 \frac{\partial u_y}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_y}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_y}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_y}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \Delta u_y; \\
 \frac{\partial u_z}{\partial t} + u_x \frac{\partial u_z}{\partial x} + u_y \frac{\partial u_z}{\partial y} + u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \Delta u_z,
 \end{aligned} \tag{1}$$

где

u_x, u_y, u_z – компоненты вектора скорости потока \vec{u} [м/с];

t – время, [с];

ρ – плотность воздуха, [кг/м³];

p – давление, [Па];

ν – коэффициент кинематической вязкости воздуха, [м²/с];

$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – дифференциальный оператор Лапласа.

Обоснованные упрощения позволяют принять ветровые потоки несжимаемыми ($\rho = \text{const}$) и изотермическими ($T = \text{const}$).

Выполнение уравнений неразрывности (2) и состояния (3) также необходимо для численного решения задач гидрогазодинамики.

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0, \quad (2)$$

$$\rho = \text{const}. \quad (3)$$

Замыкание системы уравнений (1) – (3) осуществляется за счёт моделирования турбулентности, выбор которой зависит от цели решаемой задачи. В настоящем исследовании задействована гибридная модель турбулентности **SBES**, обеспечивающая разрешение крупных вихрей в свободном потоке подсеточной моделью **LES-WALE** и достаточно точно описывающая пристеночные течения **RANS**-подходом.

Функция переключатель f_S позволяет осуществлять переход между **RANS** и **LES** подходами для модели турбулентности **SBES**:

$$\begin{aligned} \tau_{ij}^{SBES} &= f_S \cdot \tau_{ij}^{RANS} + (1 - f_S) \cdot \tau_{ij}^{LES}; \\ \mu_t^{SBES} &= f_S \cdot \mu_t^{RANS} + (1 - f_S) \cdot \mu_t^{LES}, \end{aligned} \quad (4)$$

где

$$\tau_{ij}^{RANS}, \tau_{ij}^{LES} - \text{тензор напряжений (RANS/LES), [Па]};$$

$$\mu_t^{RANS}, \mu_t^{LES} - \text{турбулентная вязкость (RANS/LES), [Па·с]}.$$

Аэродинамические исследования проводились в ПК ANSYS Fluent, реализующем численное решение уравнений гидрогазодинамики с помощью метода конечных объёмов (МКО).

Конечно-объёмная модель для расчётных вариантов разрабатывалась в ANSYS Meshing.

В результате аэродинамических исследований влияния явления интерференции на комплекс «Федерация: Запад» были получены изополя скорости ветрового потока, статического давления, кинетической энергии турбулентности и завихренностей (рисунок 2).

Также были получены значения ветровых нагрузок, которым подвергалось высотное здание «Федерация: Запад» при последовательном возведении ММДЦ «Москва-Сити».

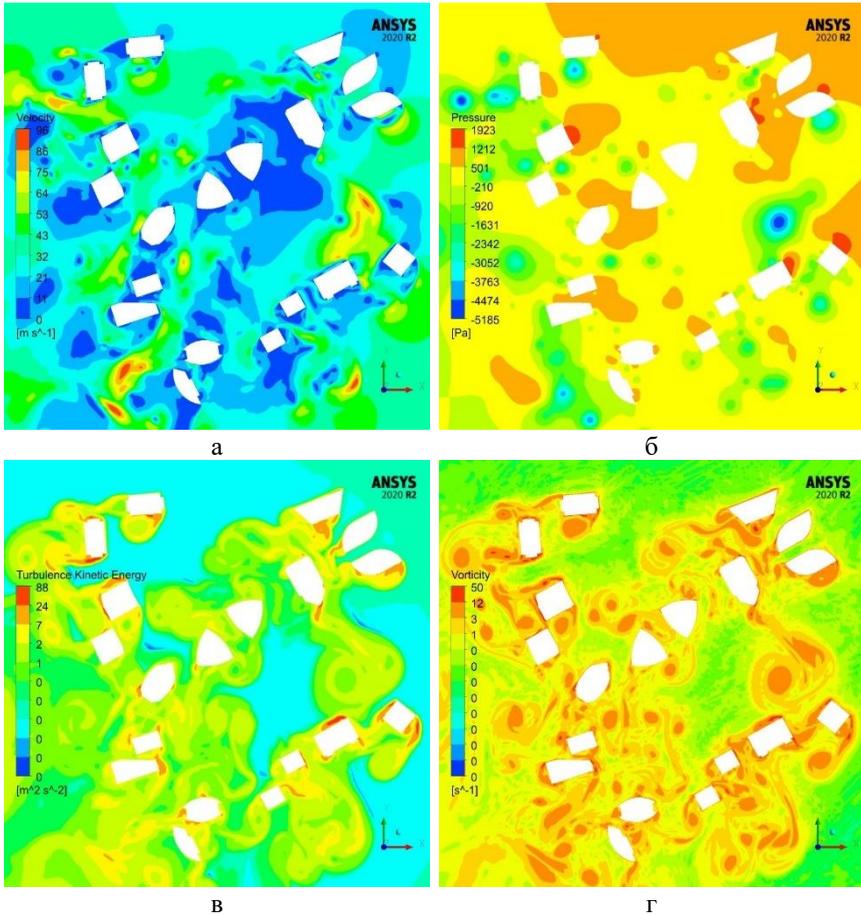
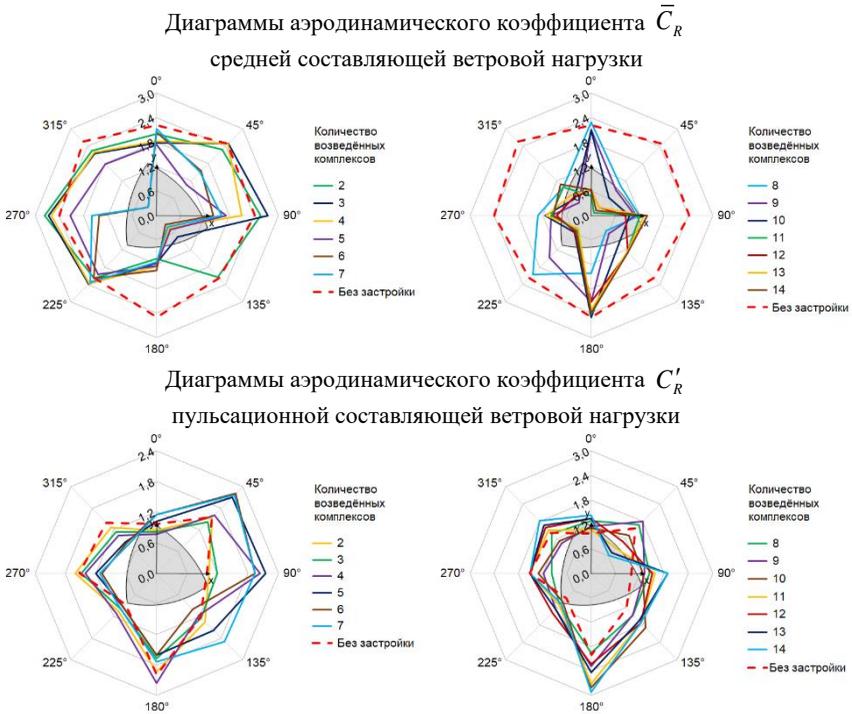


Рисунок 2 - Результаты CFD-моделирования обтекания воздушным потоком ММДЦ «Москва-Сити» при северо-восточном направлении ветра (угол атаки 45°) при физическом времени $T = 200$ с.:
 (а) – скорость ветрового потока;
 (б) – статическое давление;
 (в) – кинетическая энергия турбулентности;
 (г) – завихренности

Для более наглядного представления результатов взаимного влияния зданий построены круговые диаграммы равнодействующего аэродинамического коэффициента C_R комплекса «Федерация: Запад» (Таблица 1).

Таблица 1. Диаграммы аэродинамического коэффициента C_R комплекса «Федерация: Запад»



На основании проведенного исследования и полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. При последовательном возведении ММДЦ «Москва-Сити» эффект аэродинамической интерференции в среднем приводит к уменьшению средней составляющей ветровой нагрузки и к увеличению пульсационной составляющей на комплекс «Федерация: Запад».

2. При актуальной картине ветровых нагрузок и воздействий (возведено 13 комплексов), самым опасным направлением ветра является южный (угол атаки 180°), а при северо-восточном ветре (угол атаки 45°) аэродинамические нагрузки на комплекс «Федерация: Запад» минимальны.

3. Внедрение перспективных зданий в существующую городскую застройку может привести к существенному изменению картины аэродинамических нагрузок и воздействий уже построенных сооружений, в связи с чем аэродинамические расчётные исследования необходимо проводить с учётом влияния аэродинамической интерференции как на новое здание, так и на существующую окружающую застройку.

Библиографический список

1. *Khanduri A.C.* Wind-induced interference effects on buildings-integrating experimental and computerized approaches: A Thesis Doctor of Philosophy at Concordia University Montreal, Quebec, Canada. May 1997. 334 p.
2. *Белостоцкий А.М., Акимов П.А., Афанасьева И.Н.* Вычислительная аэродинамика в задачах строительства. Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2017. – 720 с.
3. *Дубинский С.И.* Численное моделирование ветровых воздействий на высотные здания и комплексы. Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 05.13.18. – МГСУ. М., 2010. – 199 с.
4. *Белостоцкий А.М., Дубинский С.И., Афанасьева И.Н.* Численное моделирование задач строительной аэродинамики. Разработка методик расчета ветровых воздействий и исследование реальных объектов // Вестник МГСУ. 2010. № 4–5.
5. *Jun Yi, Q.S. Li.* Wind tunnel and full-scale study of wind effects on a super-tall building. *Journal of Fluids and Structures* 58. 2015. pp. 236–253. DOI:10.1016/j.jfluidstructs.2015.08.005.

Зверев Глеб, студент 2 курса 64 группы ИПГС
 Научный руководитель –
 доц., канд. техн. наук, доц. **И.А. Макарова**

РАСЧЕТ РАСПОЛОЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАДИИ ГОТОВНОСТИ ОКОННЫХ ПРОЕМОВ НА ЭТАПЕ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЯ

На сегодняшний день в Российской Федерации наблюдается продолжительный рост в строительной отрасли. Однако вместе с тем, плавно растут и цены на строительство 1 квадратного метра.

Динамика ввода жилья в России, млн кв. м

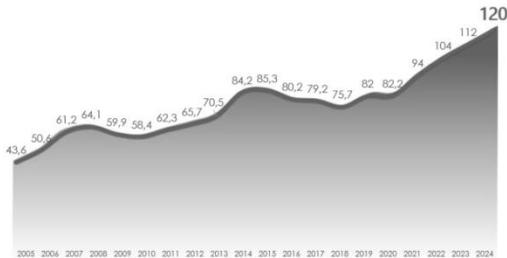


Рисунок 1 - Статистика роста в строительном секторе

Увеличение объемов строительства образует некоторые последствия на рынке труда. Начинается настоящая охота на квалифицированных сотрудников. Теперь работодатель должен внимательно наблюдать за сотрудниками, предоставлять и позволять внедрять новые технологии в свою работу для ее облегчения.

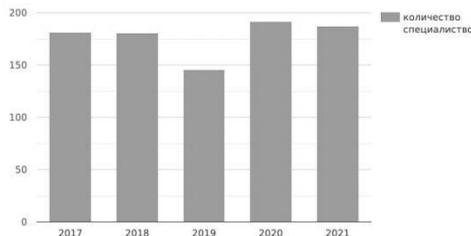


Рисунок 2 - Востребованность специалистов

В послепандемийный период случается самый настоящий бум искусственного интеллекта. На ноябрь 2023 года четверть российских

компаний внедрили технологии ИИ в свое производство, а половина ежедневно пользуются ими. Однако уже можно смело перечеркнуть громкие заголовки: «Искусственный интеллект заменит человека».

Сегодня надо серьезно задуматься об извлечении пользы от внедрения нейросетей в рабочие процессы.

Так сегодня уже существует ряд модели по привлечению нейросетей в производства. С помощью камер ИИ может распознавать степень защиты рабочих на площадке, или поможет найти необходимые инструменты. Основываясь на некоторых подобных решениях, я предлагаю свой способ реализации в жизнь поставленной передо мной задачи.

На первом этапе нам необходимо задать основные параметры оценивания наших проемов, на основе которых и будет осуществляться отбор и сортировка входящих в ИИ данных. Следующим этапом нам необходимо путем проб и ошибок полноценно обучить нашу нейросеть, указывать на недочеты и ошибки во время сортировки данных.



Рисунок 3 - Примеры различных этапов возведения оконных проемов

Далее идёт этап внедрения ИИ в камеру наружного наблюдения. Здесь очень важно осуществить качественную проверку работоспособности устройства распознавать проемы и относить их к правильной группе стадии готовности и его местоположения.

Таким образом у нас выдвигаются следующие требования к камере:

- должна уметь прощаться вокруг как минимум двух своих осей (вертикально и горизонтально);
- одна камера захватывает в свой объектив целиком один из фасадов;
- располагается на определенной высоте.

Итогом всей проделанной работой будет являться таблица, в которой у каждого проема есть индивидуальный index, где индивидуальный номер проема формируется в следующем порядке - указывается номер дома, сторона фасада здания, номер проема на этаже слева-направо.

Такая структура будет являться неким маркером для рабочих, помогающая ускорить темпы приема проделанных объемов на строительной

площадке, а также оптимизирующая временные затраты специалистов на сбор и обработку данных.

№ Проема	Стадия	Последние изм.	Проверка
15.С.1.01	Окно вставленно	15.02.2023	
15.С.1.02	Окно вставленно	15.02.2023	
15.С.1.03	Окно вставленно	15.02.2023	
15.С.1.04	Окно вставленно	15.02.2023	
15.С.1.05	Окно вставленно	16.02.2023	
15.С.1.06	Окно вставленно	16.02.2023	
15.С.2.01	Кладка и оконный проем	10.02.2023	
15.С.2.02	Проем без кладки	29.10.2022	
15.С.2.03	Проем без кладки	29.10.2022	

	Проверенно, внесено в реестр
	Проверенно, не внесено в реестр
	Не проверенно

Рисунок 4 - Пример вывода данных

Внедрение ИИ в рабочие процессы — это не погоня за модным в наше время движением, напротив — это поиск решений по оптимизации, а также создание комфортной рабочей среды для сотрудников. С ее помощью специалист получает больше времени на решения более сложных задач.

Библиографический список

1. *Кенчадзе Д.Д.* Строительство в России. 2022: Стат. сб. / Росстат. - М.: С863 2022. – 148 с.
2. *Евтушенко С.И., Шилова Л.А., Улесикова Е.С., Кучумов М.А.* 2023. Информационно-аналитическая справка «Сравнительный анализ основных показателей развития технологий искусственного интеллекта в Российской Федерации и ведущих странах по результатам 2022-2023 гг.», ИЦРИИ / Искусственный интеллект Российской Федерации. 2023.
3. *Уразова Н.Г., Котельников Н.В., Оханова А.М.* Метод анализа иерархии как инструмент поддержки инвестиционных решений: материалы Международной конференции «Тенденции технологий и инноваций в экономических и социальных исследованиях 2017» (АЕВМР-Advances in Economics Business and Management Research). DOI: 10.2991/tiess-17.2017.57.
4. Стратегия развития промышленности строительных материалов Иркутской области на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года, утверждена распоряжением Правительства Иркутской области от 22 февраля 2017 года.

*Жукова Г.В., Мягков Д.А., студенты 2 курса 63 группы ИПГС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук И.А. Макарова*

ЦИФРОВИЗАЦИЯ – ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ

Цифровизация – это процесс преобразования аналоговых данных и рабочих процессов в цифровой формат.

Цифровизация в строительной отрасли – это процесс перевода всех строительных процессов в цифровой формат и использование современных технологий для сокращения времени и повышения качества строительства.

Строительная отрасль активно переводит все процессы в цифровой формат в соответствии с национальной целью «Цифровая трансформация». Основные проекты описаны в распоряжении Правительства РФ 3883-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года».

Модель цифровой трансформации строительной отрасли базируется на трех основных целях, которые должны быть достигнуты комплексно:

- 1). Повышение «цифровой зрелости» отрасли
- 2). Цифровая трансформация процессов и услуг
- 3). Внедрение информационных технологий на всех этапах жизненного цикла строительного проекта.

Основными задачами, которые должны быть решены с помощью цифровизации, являются:

- Электронный документооборот (ведение бухгалтерского и налогового учета, подбор персонала, внутренний документооборот и т.д.).
- Информационное моделирование зданий и сооружений.
- Технологии дополненной реальности, машинного обучения.
- Инженерные и цифровые решения для повышения качества и эффективности городской инфраструктуры.

Основные преимущества перехода на цифровые системы:

1). Ускоренное согласование и подписание различных документов. Модульные функции упрощают и автоматизируют работу в проектной и рабочей документации. Предусмотрена система комментариев и замечаний, что ускоряет процесс.

2). Быстрая проверка чертежей и документов. Все версии документов хранятся в модулях в соответствии со структурой проекта. Текстовая и графическая информация сравнивается с помощью режимов сравнения и

наложения. Измененные данные выделяются, поэтому нет необходимости вручную искать исправления.

3). Упрощение коммуникации между сотрудниками и сокращение расходов на канцелярские принадлежности. Все участники проекта-подрядчики, проектировщики, архитекторы и инженеры-общаются через специальные приложения и системы.

4)Актуальные данные о проекте. Все изменения отображаются для каждого участника проекта.

Основные проблемы, возникающие при переходе на цифровую систему — это надежность и безопасность хранения документов и чертежей, а также высокая стоимость внедрения этой технологии в компании.

Решение первой проблемы заключается в создании системы хранения данных, тщательно защищенной от взлома и утечки. В принципе, каждая система должна обеспечивать систематическое резервное копирование и хранить архивы в разных местах.

Кроме того, если система передает данные в ГИСОГД, они хранятся продолжительное время. Сама внешняя информационная система ВИС часто обеспечивает прозрачность и ролевой доступ.

Учетные системы, основанные на строгой политике доступа, могут определять права и привилегии пользователей в соответствии с их ролями и обязанностями.

Переход на ЭДО исключает факт потери или повреждения бумажных документов, не требует регулярного обновления и особых условий хранения. Однако без должного подхода (обязательного резервного копирования данных на защищенных серверах) электронные форматы не гарантируют безопасность данных.

Второй вопрос уже решается правительством страны. Делается все возможное, чтобы максимально упростить вхождение организаций в цифровую вертикаль.

Подрядным организациям достаточно внедрить собственные внешние информационные системы и оцифровать все имеющиеся документы; если переход на ЭДО уже состоялся и был выполнен правильно, то часть затрат уже снята. После подключения внешней информационной системы можно легко загрузить все документы и больше не нужно их оцифровывать. Цифровые системы могут быть подключены на любом из четырех этапов создания строительного проекта: предпроектный, этап проектирования, этап строительно-монтажных работ (СМР) и этап завершения работ и ввода в эксплуатацию.

При подключении на предпроектной стадии собираются исходные данные для проектирования: например, чертежи плана города и чертежи расположения объектов.

При входе реализации на этапе проектирования формируется основная проектная и рабочая документация. Специально разработанный модуль

«Проектно-изыскательские работы» (ПИР) позволяет удобно внедрить систему на этом этапе.

Разделы проектной документации не только формируются в соответствии с 87 ПП, но и могут создаваться и редактироваться вручную. Здесь можно добавлять комментарии и замечания к документам и чертежам, загружать версии и изменения проектной и рабочей документации.

С помощью режима сравнения можно сравнить все версии документов, хранящихся на платформе. Загруженные документы и реестры замечаний можно выгружать для создания отчетов. Маршрут согласования документа сохраняется в истории.

Если система внедряется на этапе строительства и монтажа, можно добавить модуль ПИР для пакетной загрузки всей готовой рабочей и проектной документации.

В дальнейшем эти данные можно будет интегрировать при заполнении общего журнала работ и добавлять в модули ПИР и исполнительной технической документации.

На данном этапе подрядчики могут подключиться к платформе и настроить ролевой доступ к данным в зависимости от должности и сферы ответственности.

При внедрении на этапе завершения строительства и ввода в эксплуатацию внедряется система инспекции строительства, которая помогает создавать вызовы на инспекцию.

После проведения инспекции в систему можно добавить замечания и создать предписания на основе этих замечаний. К наблюдениям можно прикреплять любые типы файлов.

Таким образом, можно сделать вывод, что внедрение цифровых технологий в строительную отрасль упрощает все процессы в отрасли и сокращает время на создание и строительство объектов. Другими словами, экономится не только время, но и экономические аспекты.

Библиографический список

1. Статьи с сайта компании «Экзон» exon.exonproject.ru.
2. Сайт Министра России minstroyf.gov.ru.

Статья Андрея Ненастьева «Самые передовые информационные системы и технологии в строительстве в 2024 году».

Колбин И.В., Федотова Е.М., студенты 2-ого курса 63 группы ИППС
 Научный руководитель –
 доц., канд. техн. наук **И.А. Макарова**

ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮРЫ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ ДЛЯ ШАРНИРНО-ОПЕРТОЙ БАЛКИ НА РУТНОН

Строительную отрасль невозможно представить без расчетов.

Инженер - конструктор должен не только продумать безопасное конструктивное решение здания, но и позаботится об экономичности в изготовлении конструкции и технологии ее возведения. Аппарат этого экономичного решения предоставляет такая наука, как сопротивление материалов.

Важнейшей задачей при проектировании зданий является поперечный изгиб балки. Под изгибом понимается нагружение, при котором в поперечных сечениях стержня возникают изгибающие моменты.

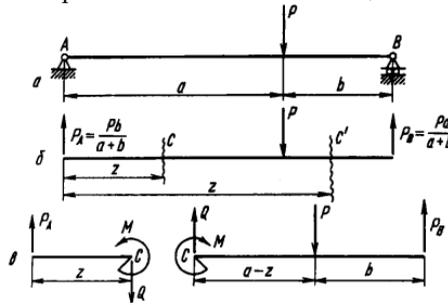


Рисунок 1 - Поперечный изгиб балки

Чтобы обеспечить необходимую прочность стержня, строят эпюру-особый вид графика, показывающий распределение какой-либо величины по длине объекта - в нашем случае - поперечных сил (Q) и изгибающих моментов (M).

В данном проекте рассматривается построение эпюры лишь силовой характеристики нагрузки - поперечной силы. Для этого нужно знать вид зависимости этой силы от различных видов нагрузок.

При действии постоянной силы на эпюре будет скачок силы, равный величине этой нагрузки. При распределенной нагрузке - зависимость Q от плеча действия является линейной величиной, а сосредоточенный момент (пара сил) не влияет на значение Q .

Для простоты расчета рассмотрим простейший пример нагружения - сосредоточенную силу P . Она приложена к одной точке и имеет постоянное значение.

Итак, для решения задачи о поперечном изгибе балки нам необходимы следующие начальные условия: значение всех действующих сосредоточенных сил, а также их координаты и координаты точек опор.

```

1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 P=[]
4 X=[]
5 x1=int(input("Введите координату 1 опоры: "))
6 x2=int(input("Введите координату 2 опоры: "))
7 number = int(input("Введите значение сосредоточенной силы: "))
8 if number==0:
9     print ("Введите значение нагрузки")
10 else:
11     P.append(number)
12     koordinata = int(input("Введите координату сосредоточенной силы: "))
13     X.append(koordinata)
14     while True:
15         number = int(input("Введите значение сосредоточенной силы: "))
16         P.append(number)
17         koordinata = int(input("Введите координату сосредоточенной силы: "))
18         X.append(koordinata)
19         if number == 0:
20             break
21     P.pop()
22     X.pop()
23     D1=[]
24     for i in X:
25         d1=i-x1
26         D1.append(d1)
27         print("Плечи", D1)
28         l=len(P)
29         i=0
30         M1=[]
31         while i<l:
32             M1.append(P[i]*D1[i])
33             i+=1
34         print ("Моменты", M1)
35         Rb=sum(M1)/(x2-x1)
36         print ("Rb=", Rb)
37         D2=[]
38         for i in X:
39             d2=x2-i
40             D2.append(d2)
41             print("Плечи", D2)
42             l=len(P)
43             i=0
44             M2=[]
45             while i<l:
46                 M2.append(P[i]*D2[i])
47                 i+=1
48             print ("Моменты", M2)
49             Ra=sum(M2)/(x2-x1)
50             print ("Ra=", Ra)
51             P.append(Ra)
52             P.append(Rb)
53             X.append(x1)
54             X.append(x2)
55 print("Список сил:",P)
56 print("Список координат:", X)
57 result = list(map(lambda p, x: [p,x] , P, X))
58 print("Пара сила+координата:", result)
59 sorted_result = sorted(result, key=lambda x: x[1])
60 print("Сортировка:", sorted_result)
61 X = []
62 for i, row in enumerate(sorted_result):
63     X.append(sorted_result[i][1])
64 print("Координаты в порядке возрастания:",X)
65 P=[]
66 for i, row in enumerate(sorted_result):
67     P.append(sorted_result[i][0])
68 print("Силы, соответствующие координатам",P)
69 Q1=0
70 Q=[]
71 for i in P:
72     Q1=Q1+i
73     Q.append(Q1)
74     print(Q)
75 for i in range(len(Q))[:-1]:
76     Q.insert(i, Q[i])
77     Q.pop(-1)
78     Q.insert(0,0)
79     print(Q)
80 for i in range(len(X))[:-1]:
81     X.insert(i, X[i])
82     print(X)
83     fig, ax = plt.subplots()
84     x=np.array(Q)
85     y=np.array(Q)
86     ax.plot(x,y)
87     ax.plot(x,0*x)
88     plt.title("Эпюра поперечных сил")
89     plt.xlabel("координата, м")
90     plt.ylabel("Значение поперечной силы, кН")
91     plt.show()
92 Введите координату 1 опоры: 2
93 Введите координату 2 опоры: 7
94 Введите значение сосредоточенной силы: -9
95 Введите координату сосредоточенной силы: 4
96 Введите значение сосредоточенной силы: 7
97 Введите координату сосредоточенной силы: 9
98 Введите значение сосредоточенной силы: 0
99 Введите координату сосредоточенной силы: 0
100 Плечи [2, 7]
101 Моменты [-18, -49]
102 Rb= 13.4
103 Плечи [3, -2]
104 Моменты [-27, 14]
105 Ra= 2.6
106 Список сил [-9, -7, 2.6, 13.4]
107 Список координат [4, 9, 2, 7]
108 Пара сила+координата [[-9, 4], [-7, 9], [2.6, 2], [13.4, 7], [2.6, 2], [13.4, 7], [-9, 4], [-7, 9]]
109 Сортировка [[2.6, 2], [-9, 4], [13.4, 4], [-7, 9]]
110 [[2.6, -9], [13.4, -7]]
111 [2.6, -6.4, 7.8, 0.8]
112 [0, 2.6, 2.6, -6.4, -6.4, 7.8, 7.8, 0.8]
113 [2, 2, 4, 4, 7, 7, 9, 9]

```

Рисунок 2 - Фрагмент текста программы

С условиями поставленной задачи на балку действуют только сосредоточенные силы постоянного значения. Значит, в точках приложения этих сил (и реакций) будут скачки на эпюре.

Пример решения задачи приведен на рисунке 3.



Рисунок 3 - Ручной счет и решение задачи на ЭВМ

Преимущество программы в том, что эпюра строится правильно даже при непоследовательном вводе сил и их координат. Если сила направлена вниз, то стоит вводить ее со знаком «-».

Первая часть программы [1-21] — это ввод данных пользователем, а именно: координаты опор (в нашей задаче рассмотрены две опоры -

шарнирно-подвижная и неподвижная опоры), а также значение сосредоточенных сил с соответствующими координатами приложения этих сил к балке. Ввод пользователем сил заканчивается вводом нулевой нагрузки. На экране выводятся координаты 1 и 2 опор, а также значение сосредоточенной силы, ее координата в произвольном порядке.

Вторая часть кода [22-57] - поиск опорных реакций благодаря уравнению моментов относительно неподвижной оси:

$$\Sigma M_a(F_i) = 0, \Sigma M_b(F_i) = 0$$

Реакции по физическому смыслу так же относятся к сосредоточенным нагрузкам, поэтому нам так же важно определить их значение и учесть это на эпюре поперечных сил. Выводятся значения реакций, соответствующие каждой опоре.

Третья часть кода [58-69] - обработка полученных данных. Для правильного отображения эпюры нам нужно отсортировать полученные данные в порядке увеличения координат. Для этого с помощью функции лямбда получаем вложенный список из пар значений сила + её координата, а потом сортируем его.

Четвертый этап программы [70-83] - расчет значения поперечной силы на каждой характерной координате и подготовка значений силы и координат для отображения их на графике. Участки эпюр, где не прикладывается никакая сила, принимают значение от левой силы и остаются неизменными до линии действия следующей. Поэтому в точках приложения нам нужно продублировать значения этих сил, а также сами координаты, чтобы показать зависимость слева и справа.

Пятый этап программы [84-89] - построение самой эпюры по заданным точкам и вывод этого графика в отдельном окне.

Итак, в данной работе представлен код программы, позволяющий автоматизировать построение эпюры поперечных сил по заданным параметрам нагрузки и опор, что существенно упрощает работу по проверки механической устойчивости балок, нагруженных сосредоточенными силами.

Библиографический список

1. *Лутц Марк*. Изучаем Python, том 1, 5-е изд.: Пер. с англ. — СПб.: ООО «Диалектика», 2019. 832 с. ил. — Парад, тит. Англ.
2. Равновесие тела под действием плоской системы сил. https://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?index=17&layer=4&tutindex=29 [Электронный ресурс].
3. *Феодосьев В.И.* Сопротивление материалов: Учеб. для вузов. - 10-е изд. перераб. И доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. - 592 с.

*Кузовова Д.В., Шеляг Е.В., студенты 2 курса 64 группы ИПГС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук И.А. Макарова*

РАЗРАБОТКА ТЕЛЕГРАММ БОТА- АССИСТЕНТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ И РАБОЧЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Описание предметной области и цели программы:

В современном мире стремительное развитие технологий и возрастающие требования к качеству, безопасности и экологичности строительства ставят перед инженерами и архитекторами новые вызовы. Возникает необходимость в инновациях, способных оптимизировать и упростить традиционные процессы в строительной индустрии.

Одним из перспективных направлений является разработка и применение телеграмм ботов для автоматизации строительных расчетов. Данная работа посвящена созданию телеграмм бота-ассистента, который облегчает процесс подготовки рабочей и исполнительной документации, выполняя теплотехнические расчеты и подбор сечения воздуховодов. Реализация такого инструмента не только повышает эффективность работы специалистов, но и способствует повышению качества проектных решений, что актуально в условиях постоянно растущих требований к безопасности и экологичности строительных объектов.

Основная функция бота — это автоматизация процесса подготовки теплотехнических расчетов для различных типов стен, используя заданные параметры. Программа использует информацию о городах, материалах стен, их типах и размерах для расчета необходимой толщины утеплителя, чтобы соответствовать стандартам теплопроводности.

Целевая аудитория включает в себя инженеров-строителей, архитекторов и проектировщиков, которые занимаются проектированием и расчетом энергоэффективности зданий. Программа обеспечивает простой и понятный интерфейс для быстрого ввода необходимых данных и получения результатов расчетов.

Преимущества использования ботов для строительных расчетов:

1. Повышение эффективности и скорости работы: Боты могут выполнять сложные расчеты гораздо быстрее, чем человек, что значительно сокращает время, необходимое для разработки проекта. Это позволяет инженерам и проектировщикам сосредоточиться на более творческих и критически важных аспектах работы.

2. Точность и надежность: Боты минимизируют вероятность человеческой ошибки в расчетах, что повышает точность и надежность проектных решений. Это особенно важно в строительстве, где ошибки могут привести к серьезным последствиям, включая угрозу безопасности.

3. Оптимизация ресурсов: Автоматизация расчетов позволяет оптимально распределить ресурсы, минимизировать издержки и предотвратить перерасход материалов и финансов.

Стандартизация процессов:

Использование ботов обеспечивает единообразие и стандартизацию расчетных процедур, что упрощает сопоставление и анализ проектных данных, а также облегчает соблюдение норм и стандартов.

Доступность и удобство:

Боты могут быть доступны 24/7 без необходимости физического присутствия специалиста, что делает процесс проектирования более гибким и удобным.

Установка и настройка:

Для корректной работы необходима установка интерпретатора Python версии 3.6 или выше, импорта необходимых библиотек, таких как `sqlite3` для работы с базами данных, `telebot` для работы с Telegram API, `docx` для создания и редактирования документов Word, а также `math`, `os`, и `time` для выполнения математических операций, работы с операционной системой и временем соответственно.

Связь с БД:

Связь с базой данных осуществляется через использование библиотеки `sqlite3`. Этот процесс включает в себя открытие соединения с базой данных, выполнение SQL-запросов для извлечения или изменения данных, и закрытие соединения после завершения работы.

Программа может запрашивать данные о материалах, климатических условиях или любой другой информации, необходимой для расчетов, хранящейся в базе данных.

Пользовательский интерфейс (в данном случае, телеграм-бот) принимает ввод от пользователя, программа обрабатывает этот ввод, использует данные из базы данных для выполнения расчетов, и возвращает результат пользователю в виде файла с готовым расчетом, который можно сразу использовать в рабочей документации.

Взаимодействие с Telegram-ботом:

- Бот предоставляет приветственное сообщение и опции для запуска теплотехнического расчета.
- Он направляет пользователя по ряду входных данных (например, название города, тип стены и толщину) с помощью сообщений и встроенной клавиатуры.
- После сбора всех необходимых исходных данных он выполняет расчеты и генерирует отчет DOCX.
- Затем отчет отправляется пользователю через Telegram-бота.

В заключение, разработка телеграмм бота для выполнения строительных расчетов представляет значительный прогресс в области архитектурного и инженерного проектирования.

Одним из ключевых преимуществ такого подхода является возможность мгновенно использовать выдаваемый ботом файл в проекте, что существенно сокращает время на подготовку и интеграцию документации. Это обеспечивает не только ускорение рабочего процесса, но и повышает его точность и эффективность, делая весь процесс проектирования более гибким и доступным.

Библиографический список

1. Министерство строительства и ЖКХ Российской Федерации. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». Москва, 2003.
2. Министерство регионального развития Российской Федерации. СП 31-105-2002 «Проектирование и строительство энергоэффективных зданий». Москва, 2002.
3. *Вандер Плас, Джейк*. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. Санкт-Петербург: Питер, 2018.
4. *Telegram*. «Telegram Bot API» официальная документация. <https://core.telegram.org/bots/api>.
5. *Иванов, С.И., Петров, А.В.* Автоматизация расчетов в строительстве: Пособие для инженеров. Москва: Стройиздат, 2019.
6. *Смирнов, В.О.* Принципы проектирования воздуховодов: Руководство по выбору сечений. Москва: АВОК-пресс, 2020.

*Куликова Ю.В., Усачёва У.М., студентки 2 курса 3 группы ИГЭС
Научный руководитель –
преподаватель И.Д. Титоренко*

ПРИМЕНЕНИЕ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ REVIT ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Информационные технологии играют значительную роль в современной строительной индустрии, обеспечивая автоматизацию процессов проектирования, строительства и управления строительством. В частности, в области проектирования и моделирования, с использованием специализированных программных продуктов, таких как AutoCAD, Revit, Tekla Structures и др., инженеры и архитекторы могут создавать точные 3D-модели зданий и инфраструктуры, что упрощает визуализацию проекта, оптимизацию конструкций и снижение стоимости проектирования. Данная сфера обеспечивает точное визуализирование проектов, оптимизацию конструкций и улучшение процессов строительства и включает в себя такие аспекты, как: 3D-моделирование, т.е. создание трехмерных моделей зданий и инфраструктуры. Это позволяет инженерам и архитекторам лучше понять пространственные отношения, визуализировать конструкции и идентифицировать потенциальные проблемы еще на этапе проектирования. Информационное моделирование зданий - процесс создания и управления информационной моделью здания, которая объединяет геометрическую информацию, данные о материалах, сроках выполнения работ и другие параметры проекта. BIM улучшает совместную работу команды проекта, уменьшает ошибки и повышает эффективность строительства. Виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR): Данные технологии VR и AR позволяют создавать виртуальные модели зданий и объектов, что облегчает визуализацию проекта, обучение персонала, контроль качества строительства и взаимодействие с заказчиками. В данной статье уделяется особое внимание проектированию именно водопроводных сетей в зданиях. Проектирование водопроводных сетей — это процесс разработки схемы распределения воды по городу или населенному пункту. Основные этапы проектирования водопроводных сетей включают в себя:

1. Изучение топографии и геологии местности, где будет развернута сеть водопровода. Это позволяет определить оптимальные маршруты трубопроводов, исключить возможность протекания или засорения системы.
2. Определение источников водоснабжения - водозаборных скважин, рек, озер и т. д. Необходимо учесть качество воды, ее дебит и стабильность подачи.
3. Проектирование распределительной сети, включая размещение насосных станций, резервуаров, регулирующих и фильтрующих устройств.

4. Оценка пропускной способности трубопроводов и расчет давления в сети для обеспечения равномерной подачи воды во всех районах города.

5. Разработка системы управления водопроводной сетью, включая технические средства автоматизации и контроля за работой оборудования.

6. Разработка проектной документации, включая чертежи сети, технические спецификации на оборудование, расчеты и оценки стоимости проекта.

Программные решения, такие как Autodesk Revit, могут быть использованы для моделирования водопроводных сетей, позволяя инженерам создавать трехмерные модели сетей, проводить анализ гидравлических параметров, оптимизировать расположение трубопроводов и оборудования, а также автоматизировать процесс разработки чертежей и спецификаций.

Revit — это программное обеспечение для информационного моделирования зданий (BIM), разработанное компанией Autodesk. Оно используется архитекторами, инженерами и строительными специалистами для проектирования, моделирования и координации зданий и инфраструктуры. Revit позволяет пользователям создавать 3D-модели с подробной информацией о строительных компонентах, а также используется для архитектурного проектирования, конструктивного проектирования, проектирования систем инженерных коммуникаций (ИСК) и планирования строительства. Он также включает функции совместной работы и координации между различными командами проекта.

Revit позволяет проектировать водопроводные сети как часть своих возможностей в области проектирования инженерных систем (имеется в виду инженерные коммуникации, такие как водоснабжение, канализация, системы отопления и вентиляции). С использованием Revit инженеры могут создавать модели водопроводных сетей, прокладывать трубопроводы, размещать арматуру, рассчитывать гидравлическую нагрузку и совместно работать с другими участниками проекта для координации инженерных систем с другими аспектами проектирования здания. Revit обеспечивает возможности моделирования и документирования водопроводных систем, что делает его удобным инструментом для инженеров, занимающихся проектированием и координацией инженерных коммуникаций.

Программа Revit интегрируется с платформой Dynamo. Dynamo — это открытый программный инструмент, разработанный специально для инженеров, архитекторов и дизайнеров. Dynamo позволяет справляться со многими задачами.

Например, пользователь может создавать алгоритмы и скрипты, используя удобный и интуитивно понятный визуальный интерфейс, что позволяет автоматизировать рутинные процессы и ускорить выполнение задач. Dynamo позволяет автоматизировать различные задачи в проектировании, такие как создание геометрии, размещение элементов, расчеты или генерация отчетов, а также создавать параметрические модели

и скрипты, обеспечивая гибкость и возможность быстро реагировать на изменения проекта.

С помощью Dynamo программное обеспечение Revit способно выполнять такие задачи, как:

1. Создание параметрических моделей: возможность создавать параметрические модели водопроводных сетей, используя Dynamo. Например, настройка генерации сетей на основе определенных параметров, таких как расход воды, давление, материал труб и другие.

2. Автоматизация размещения элементов: Dynamo позволяет автоматизировать размещение труб и арматуры в модели Revit. Создание скриптов, которые будут определять оптимальный маршрут водопровода и размещать элементы автоматически.

3. Генерация отчетов и документации: С помощью Dynamo можно разрабатывать скрипты для генерации отчетов по водопроводным сетям, а также создания документации, такой как спецификации или чертежи.

4. Взаимодействие с другими системами: Dynamo позволяет интегрировать проектирование водопроводных сетей с другими инженерными системами, такими как электрические сети или вентиляция, чтобы обеспечить комплексное проектирование зданий и сооружений.

Таким образом, проектирование водопроводных систем в Revit облегчает процесс интеграции инженерных систем и позволяет проектировщикам создавать точные и эффективные водоснабжающие системы. Визуальное программирование с использованием Dynamo помогает упростить и ускорить процесс проектирования водопроводных сетей в Revit, улучшить процесс создания сетей, автоматизировать многие шаги проектирования, а также обеспечивает более гибкий и параметрический подход к созданию инженерных систем.

Библиографический список

1. *Талипов С.Н.* Современное визуальное программирование на Java в среде NetBeans, Павлодар: Кереку, 2019.

2. *Ахтырченко К.В., Леонтьев В.В.* Моделирование программной архитектуры // Вычислительные методы и программирование, журнал «Вычислительные методы и программирование», 2001.

3. *Федорова С. В., Суханова К. и др.* «Проектирование инженерных систем на основе BIM-модели в Autodesk Revit MEP. Учебное пособие для СПО», Санкт-Петербург: Лань, 2023.

4. *Вандезанд Д., Кригел Э., Рид Ф.* «Autodesk Revit Architecture 2013-2014», Москва: ДМК, 2014.

5. Сайт Revit [Электронный ресурс]: Autodesk Revit Software | BIM Software | (дата обращения: 27.02.2024).

*Ланко Д.Д., студент специалитета 2 курса 63 группы ИПГС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук И.А. Макарова*

РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ И ПЛАГИНОВ ДЛЯ REVIT НА PYTHON

Revit является одной из ведущих программ для проектирования зданий и поддержки строительства. Однако, в случае необходимости расширить возможности программы или создать инструменты для автоматизации определенных задач, разработчики могут использовать Python для создания пользовательских инструментов и плагинов. Это позволяет расширить проектирования и ускорить выполнение задач.

Использование Python для разработки плагинов для Revit имеет ряд преимуществ. Python — это простой и понятный язык программирования, который обладает мощными инструментами и библиотеками для работы с данными и графикой. Благодаря этому разработка и отладка пользовательских инструментов на данном языке становится более удобной и эффективной. Для разработки пользовательских инструментов и плагинов для Revit на Python необходимо понимание как самого языка программирования, так и API Revit (рисунок 1).

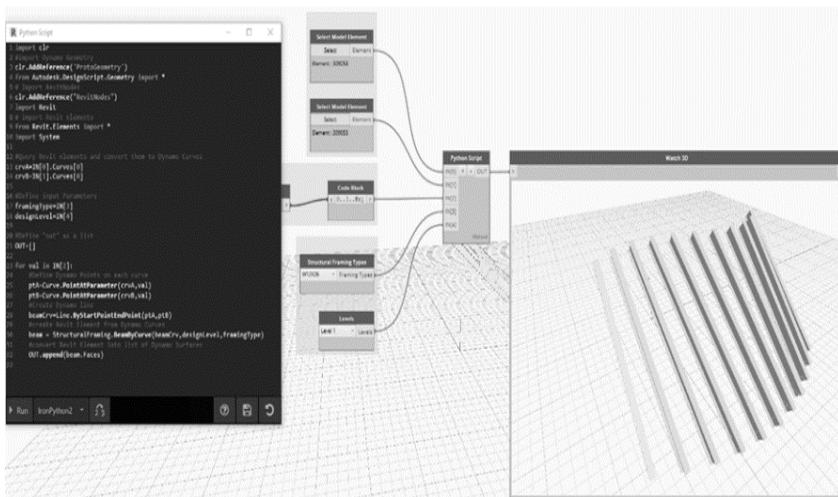


Рисунок 1 - Пример работы с функционалом программы

API Revit предоставляет доступ к внутренним функциям и объектам программы, что позволяет создавать новые элементы, изменять существующие и автоматизировать различные процессы.

Разработчикам необходимо изучить документацию по API Revit, чтобы успешно использовать его в своей работе.

Один из главных преимуществ создания пользовательских инструментов и плагинов для Revit на Python — это возможность автоматизации повторяющихся задач и улучшения производительности. Например, можно использовать инструменты для однообразных действий, таких как:

1. Перевод всех осей из 2D в 3D и обратно;
2. Выделение всех арматурных стержней, выбрав армирование по площади;
3. Создание пола, зная контур помещения;
4. Запись комбинированного или изменённого значения в общий параметр;
5. Создание элементов зданий.

Разработчики могут создавать скрипты, которые могут выполнять сложные операции за несколько кликов в мыши, что существенно упрощает работу с проектами (рисунок 2).

Кроме того, создание пользовательских инструментов позволяет адаптировать программу под конкретные потребности пользователей, что повышает эффективность работы и качество проектирования.

Примером использования пользовательских инструментов на Python для Revit может быть создание инструмента для автоматического создания отчетов по проекту.

С помощью Python и API Revit разработчики могут создать скрипт, который будет собирать данные о проекте, формировать отчеты и экспортировать их в нужном формате.

Это помогает ускорить процесс подготовки документации и улучшить взаимодействие с заказчиками и сторонними участниками проекта.

Revit API — это сборник всего, что можно делать с помощью программы Revit, начиная с создания точек и рисования геометрии, заканчивая созданием видов и присвоением им имен.

Например, при поиске 'Drawing View' в API отображается класс под названием ViewDrafting (рисунок 2).

При нажатии на "Элементы" этого класса будут показаны все функции, которые могут выполняться этим классом. Поиск по ним может открыть интересные возможности. Так, "ViewDrafting.HideElementsTemporary" может автоматически настроить временное скрытие нескольких элементов в представлении.

Разработка пользовательских инструментов и плагинов для Revit на Python — это мощный инструмент для расширения функциональности программы, улучшения эффективности работы с проектами и повышения качества проектирования.

При правильном использовании Python и API Revit разработчики могут создавать инновационные решения, упрощающие рабочие процессы и повышающие производительность.

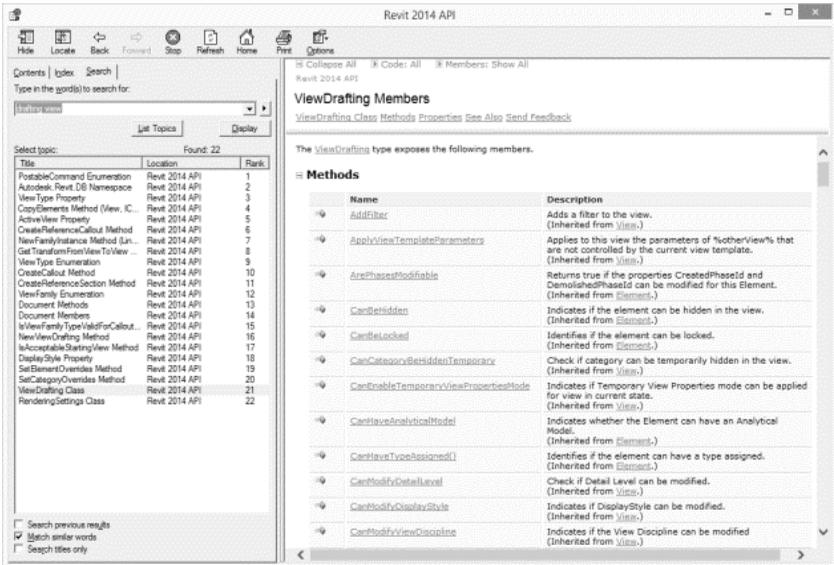


Рисунок 2 - Демонстрация работы Revit API

Библиографический список

1. Дяблик Д. «Автоматизация Revit с помощью Dynamo и Python». БХВ-Петербург, 2020. 128 с.
2. Кузнецов А. «Создание плагинов для Revit с использованием Python». Самиздат, 2018.
3. Шилов А. «Python для профессионалов. Программирование на языке высокого уровня». Питер, 2019.
4. Документация по Revit API. Autodesk Inc., 2020.
5. Revit API SDK. Документация доступна на сайте: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2024/ENU/?guid>
6. RevitPythonWrapper. Документация доступна на сайте: <https://rpw.readthedocs.io/> /downloads/en/latest/pdf/

*Нижберг К.Р., Попов В.О., студенты 2 курса 63 группы ИПГС
Научный руководитель -
доц., канд. техн. наук И.А. Макарова*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ПРОЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Сейчас геоинформационные системы находят свое применение в различных областях строительства и распространено среди наиболее передовых международных строительных компаний. Среди российских компаний геоинформационные системы за частую применяются лишь на подготовительных этапах строительства. Из чего следует, что существует проблема непонимания всего потенциала применения ГИС на российском рынке строительства. Потому одной из целей данной статьи является анализ этого потенциала.

Геоинформационные системы (ГИС) в строительстве позволяют решать следующие задачи: оценка участка для застройки с учётом различных параметров; определение необходимых объёмов денежных средств, рабочей силы и спецтехники для реализации конкретного проекта, оптимизация каждой составляющей; поиск ближайших и предлагающих оптимальные условия сотрудничества субподрядных организаций и поставщиков стройматериалов; логистика доставки стройматериалов с минимальными сроками и стоимостью транспортных услуг; интеграция объекта в имеющуюся инфраструктуру района; планирование инженерных, энергетических, транспортных сетей с учётом особенностей рельефа и параметров грунта. Благодаря геоинформационным системам можно выбрать участок, оптимально подходящий для застройки. Например, если заказчик планирует построить промышленное предприятие, то ему необходим участок, достаточно удаленный от жилых кварталов (в промышленном секторе) достаточно большой площади. С использованием ГИС решение такой задачи значительно. Благодаря ГИС, можно рассчитать необходимое количество техники, персонала и материальных средств, необходимых для обеспечения максимальной эффективности строительного процесса. Перед размещением новых объектов инфраструктуры, используя ГИС, можно учесть уже имеющуюся на участке застройки инфраструктуру, чтобы расположить новые объекты наиболее оптимально и гармонично с уже функционирующими. С помощью ГИС можно определить ближайшего к месту застройки поставщика строительных и отделочных материалов и организовать наиболее быстрые, эффективные и безопасные маршруты поставок этих материалов к месту строительства. С использованием ГИС можно детально изучить особенности рельефа местности, характеристику грунта и т. д., чтобы с их учетом провести линии электропередачи и другие

инженерные сети наиболее эффективно. А также, благодаря картам, интегрированным в ГИС, можно оптимально провести основные и вспомогательные маршруты транспортной сети в районе застройки. Благодаря слиянию этих технологий процесс строительства можно существенно оптимизировать. Для спроектированного с применением BIM-технологий здания или сооружения можно будет заранее решить все прикладные задачи, изложенные ранее, таким образом значительно ускоряя процесс организации строительного процесса и решении всех логистических вопросов и задач ещё на этапе проектирования. BIM - Building Information Model – информационная модель здания или информационное моделирование зданий. Однако следует отметить, что внедрение ГИС в широкое использование в строительном процессе (или любом другом) требует решения целого ряда задач различной сложности. Так, предприятие может без особых затруднений закупить необходимое для использования ГИС программное и аппаратное обеспечение: ПО, компьютерное оборудование и т. п. Такое вложение не принесет ожидаемой прибыли и рискует стать не рентабельным, если предприятие не обладает квалифицированными специалистами в области ГИС, должным образом не организовало работу с геоинформационными системами и не имеет конкретных сформулированных задач, на решение которых и будет настроена ГИС.

Вывод: на основании всех вышеизложенных фактов и данных, можно с абсолютной уверенностью заключить, что применение геоинформационных систем актуально для многих сфер человеческой деятельности, в том числе для строительства. Благодаря применению ГИС-технологий, можно моделировать различные ситуации с учетом реальных условий местности, решать огромное количество прикладных задач.

Библиографический список

1. *Баденко В.Л.* Использование MapInfo для создания геоинформационных систем: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. –90 с.
2. *Арефьев Н.В., Баденко В.Л.* Геоинформационные системы в природообустройстве: Учеб, пособие. СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2008. – 108 с
3. *Шишкин А.И.* Управление качеством окружающей среды с применением геоинформационных систем: учеб, пособие / А.И. Шишкин, Н. Е. Горбунов, А. В. Елифанов. – СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2011. – 292 с
4. *Инженерная геодезия. Использование современного оборудования для решения геодезических задач: учеб. Пособие / Е.Б. Михаленко [и др.]; под науч. ред. Е. Б. Михаленко. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. –98 с*
5. Система мониторинга и управления реализацией проектов в строительной индустрии на основе ГИС-технологий [Электронный ресурс]. - URL: <https://arcreview.esri-cis.ru/2015/05/17/системамониторинга-и-управления> (дата обращения: 05.04.2021).

Новиков В.М., Со Н.А., студенты 2 курса 63 группы ИПГС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук И.А. Макарова

ОСОБЕННОСТИ ПОДХОДА PYTHON К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

Язык программирования Python становится одним из наиболее востребованных инструментов в различных областях. В данной статье мы рассмотрим особенности подхода Python к решению задач и его применение в строительстве.

Первой особенностью Python можно выделить динамическую типизацию, которая означает, что переменные могут автоматически определять свой тип данных в процессе выполнения программы. В отличие от статической типизации, где тип переменной определяется на этапе компиляции, в Python тип данных переменной определяется на этапе выполнения кода. Из преимуществ можно выделить гибкость, быстроту разработки, упрощение кода в работе с данными.

```
python
def add_numbers(a, b):
    return a + b

result = add_numbers(5, 3)
print(result) # Выводит: 8

result = add_numbers("Hello, ", "world!")
print(result) # Выводит: Hello, world!
```

Рисунок 1 - Пример использования динамической типизации

Гибкость синтаксиса в Python подразумевает возможность использования различных конструкций и структур кода для достижения поставленных целей. Python предоставляет программистам широкий набор инструментов и подходов к написанию кода, позволяя выбирать наиболее подходящие и эффективные способы решения задач. К достоинствам относятся возможность выбора стиля программирования, большой набор функций и операторов.

```
python
# Создание списка квадратов чисел от 1 до 10
squares = [x**2 for x in range(1, 11)]
print(squares)
# Выводит:
[1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100]
```

Рисунок 2 - Пример гибкости синтаксиса в Python

Обширные библиотеки и инструменты Python включают в себя стандартную библиотеку, состоящую из модулей. Кроме того, существует множество сторонних библиотек и фреймворков, разработанных сообществом Python, которые расширяют функциональность языка. Из основных библиотек в Python можно выделить NumPy, предназначенная для работы с многомерными массивами и математическими функциями методами линейной алгебры, преобразований Фурье и случайных чисел. Pandas, работающая с данными, предоставляющая высокоуровневые операции для манипулирования числовыми таблицами и временными рядами. Она обеспечивает удобный интерфейс для чтения и записи данных из CSV, Excel, SQL. Matplotlib позволяет создавать различные типы графиков, включая линейные графики, гистограммы, диаграммы рассеяния. Matplotlib также интегрируется хорошо с NumPy и Pandas для визуализации данных. SciPy работает с научными и инженерными вычислениями, которые строятся поверх NumPy и предоставляют множество функций для оптимизации, обработки сигналов и статистических анализов.

```
python
import requests

# Отправка GET-запроса к серверу и получение ответа
response = requests.get('https://api.github.com/')
print(response.status_code) # Выводит: 200
print(response.json())     # Выводит: JSON-ответ от сервера
```

Рисунок 3 - Пример использования стандартной библиотеки math

Благодаря данным особенностям Python становится популярным, в том числе, и в строительной сфере. И предоставляет спектр вызовов и перспектив в данной отрасли. Внедрение автоматизированных систем, в частности, использование Python в строительстве предлагает ряд преимуществ. Мощные библиотеки, такие как NumPy и SciPy, обеспечивают возможности для высокопроизводительных вычислений, необходимых для расчётов конструкций и анализа данных. Библиотека Pandas упрощает обработку и анализ больших объёмов данных. Matplotlib облегчает визуальное представление результатов анализа.

```
# Пример 2: Автоматический расчет стоимости строительных материалов

material_prices = {'кирпич': 1000, 'цемент': 500, 'дерево': 1500, 'металл': 2000}
material_quantities = {'кирпич': 5000, 'цемент': 200, 'дерево': 100, 'металл': 300}

total_cost = sum(material_prices[material] * quantity for material, quantity in material_quantities.items())
print("Общая стоимость материалов:", total_cost, "руб.")

Общая стоимость материалов: 5850000 руб.
```

Рисунок 4 - Пример расчета стоимости строительных материалов

Использование методов анализа данных может помочь определить оптимальные стратегии закупки материалов, прогнозировать временные

рамки для завершения проектов, выявлять потенциальные риски и возможности для оптимизации бюджета.

Благодаря библиотекам Pandas и NumPy, Python обеспечивает удобный и эффективный интерфейс для работы с большими объёмами данных и выполнения различных операций, включая фильтрацию, сортировку, агрегацию и визуализацию.

```
from sklearn.linear_model import LinearRegression
import numpy as np

# Данные в табличном формате
X = np.array([[1], [2], [3], [4], [5], [6]]) # Площадь, площадь на спрос
Y = np.array([10, 20, 30, 40, 50, 60]) # Спрос на строительные материалы

# Создание и обучение нашей линейной регрессии
model = LinearRegression()
model.fit(X, Y)

# Прогнозирование спроса на основе новых данных
new_data = np.array([[7], [8], [9], [10]])
predicted_demand = model.predict(new_data)
print("Спрос на материалы на основе новых данных:", predicted_demand)

# Вывод спроса на материалы [40, 50,]
```

Рисунок 5 - Пример расчета спроса на строительные материалы

Применение Python в моделировании и визуализации данных позволяет архитекторам, инженерам и дизайнерам проводить комплексный анализ проектов, включая их структуру, функциональность и эстетические характеристики.

```
import numpy as np
from scipy.optimize import minimize

# Функция для моделирования напряжения в материале
def stress(strain, youngs_modulus):
    return strain * youngs_modulus

# Функция для оптимизации распределения напряжения
def optimize_stress_distribution():
    initial_strain_guess = 0.1
    youngs_modulus = 20000 # модуль Юнга материала [Па]

    # Минимизируем функцию напряжения
    result = minimize(stress, initial_strain_guess, args=(youngs_modulus,))
    optimized_strain = result.x[0]

    return optimized_strain

optimized_strain = optimize_stress_distribution()
print("Оптимальное деформирование материала:", optimized_strain)

# Оптимальное деформирование материала: -1034.14
```

Рисунок 6 - Пример моделирования свойств материалов

Этот анализ способствует принятию обоснованных решений на различных этапах проектирования, начиная с концептуальной разработки и заканчивая внедрением и эксплуатацией. Библиотеки, такие как NumPy, SciPy, Pandas и Matplotlib, предоставляют мощные средства для работы с числовыми данными, научными вычислениями и создания графиков и визуализаций.

Библиографический список

1. *Швецов, В.А., Иванов, С.В., Плотников, А.И.* «Программирование на Python 3: подробное руководство.» (2017) БХВ-Петербург.
2. *Баджанов, А.П., Ширяев, О.В., Чекмарёв, В.Л.* «Информационное моделирование и Building Information Modeling.» (2018) ГеоАкадемия.
3. *Коротков, Е.В., Кузнецов, Д.В., Шамров, А.Л.* «Программирование на языке Python для начинающих.» (2020) Издательство «Лань».

Овчинников И.П., студент 2 курса 63 группы ИПГС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук **И.А. Макарова**

РОЛЬ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В РАЗВИТИИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Цифровая трансформация различных отраслей, включая строительную, является одним из приоритетов развития экономической составляющей нашей страны. Строительство и жилищно-коммунальное хозяйство имеют большой потенциал для внедрения цифровых технологий, что может повысить эффективность процессов, улучшить качество услуг и снизить издержки.

Программирование в этом случае является неотъемлемым инструментом для достижения поставленных целей в области цифровизации.

Основными компонентами цифровой трансформации в строительстве являются BIM-моделирование, 3-D печать зданий, использование строительной робототехники и внедрение интернета вещей (IoT).

BIM (Building Information Modelling) – процесс создания и управления информацией о здании или сооружении на протяжении всех этапов проектирования, строительства и эксплуатации.

В ходе проектирования создаётся, как правило, 3-D модель, объединяющая данные различных дисциплин (архитектура, инженерные сети, конструкции и др.), что способствует более эффективному сотрудничеству между участниками проекта, улучшению качества проектирования и сокращению сроков выполняемой работы. Для такого инновационного проектирования используется чаще всего программа Autodesk Revit.

Для того, чтобы задействовать весь потенциал программы Autodesk Revit, необходимо взаимодействовать с графическим алгоритмическим редактором Dynamo, позволяющим создавать сложные архитектурные формы посредством параметрического моделирования и автоматизировать многие рутинные процессы, связанные с проектированием.

Взаимодействие с Dynamo осуществляется через общающиеся Python Script блоки или узлы (ноды), из которых собирается программный код, работающий с Revit API (выполнение операций с элементами модели, параметрами, видами и другими аспектами проекта).

Аналогом программы Autodesk Revit является отечественная программная разработка Renga. Renga – программное обеспечение, предназначенное для проектирования архитектурно-инженерных решений в трёхмерном пространстве.

Посредством того же самого языка программирования Python в Renga можно импортировать и экспортировать данные, анализировать данные с последующей их визуализацией, автоматизировать процессы. Таким образом, применяя язык программирования в совокупности с системами для BIM-моделирования, можно существенно расширить функционал этих программ, ускорить работу и улучшить качество выпускаемых проектов.

Некоторые 3-D модели зданий можно превратить в реальность благодаря возможностям современных строительных 3-D принтеров. 3-D печать зданий является аддитивной технологией, подразумевающей под собой создание физического объекта на основе электронной модели посредством послойного добавления материала.

Печать зданий быстрее и эффективнее традиционного строительства, позволяет создавать архитектурно-выразительные формы, даёт возможность снизить затраты на материалы.

В данном случае можно использовать программирование для разработки программного обеспечения, которое корректирует работу принтера, а именно: управляет скоростью печати, управляет расходами строительного материала, подающегося принтеру, выстраивает нужное положение головки принтера и др.

Благодаря использованию программирования можно сгенерировать модели элементов фасадов зданий, элементов внутреннего декора и модели некоторых конструкций.

Для непосредственной реализации запроектированного сооружения сегодня в некоторых случаях пользуются строительной робототехникой. Роботу можно поручить такие рутинные процессы, как покраска стены, укладка кирпича, перемещение материалов.

Кроме автоматизации монотонных процессов работа можно запрограммировать для инспекции строительных объектов, контроля качества работ, для сбора данных о действиях на строительной площадке с последующим анализом.

Для программирования роботов пользуются приложениями и фреймворками, такими как Robot Operating System, Robot Framework, Arduino IDE и др.

Для улучшения управления проектом и для повышения эффективности строительного процесса применяют интернет вещей IoT (Internet of Things). Интернет вещей – технология, позволяющая объектам быть подключенными к сети Интернет и обмениваться данными без необходимости прямого человеческого взаимодействия.

С помощью данной технологии осуществляется мониторинг состояния различных систем и оборудования, а также управление подключенными системами из любой точки земного шара, где есть сеть Интернет.

Датчики температуры, влажности, давления могут передавать необходимую информацию о физических параметрах на строительном объекте, а умные системы освещения, отопления и водоснабжения дают

возможность контролировать эти параметры и предотвращать потенциально опасные ситуации.

Датчики с геопозицией помогают отследить местоположение работников и техники, контролировать процесс выполнения работ.

К интернету вещей также относятся системы видеонаблюдения, датчики движения, открытия и закрытия двери, служащие для обеспечения необходимой безопасности строительного объекта.

Для функционирования автоматизированных систем, выполняющих сбор данных, управление, анализ, напрямую зависит от программирования. В данном случае применяют рабочие пространства Microsoft Azure, Django, Flask, Cloud IoT Core и др.

Исходя из всего вышеперечисленного, можно с уверенностью сказать, что программирование является важнейшим инструментом в области цифровизации строительной отрасли, ведь с помощью написанного кода можно ускорить работу в САД-программах, использовать 3-D визуализацию с последующей печатью на принтере, задавать нужные алгоритмы роботизированным системам и дистанционно управлять процессом строительства. Данные технологии сейчас имеют наибольший приоритет и в недалёком будущем это развитие положительно повлияет на экономику нашей страны.

Библиографический список

1. Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н. Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами. Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова, 2022. С. 12.
2. Половникова Н.А. Цифровизация в строительстве в России. ПГУПС, журнал «Экономика и бизнес: теория и практика», 2022. С. 102.
3. Борисова Л.А., Исмаилова Ф.Н. Перспективные направления цифровизации в строительстве, журнал «УЭПС: управление, экономика, политика, социология», 2018. С. 16.
4. Володченко В.С., Ланцова Д.С., Ивлев О. Ю., Метельницкая Т.А., Бышок К. А., Романов Э.В. Технологии будущего в строительстве: 3-D печать зданий, журнал «Вопросы науки и образования», 2018. С. 43.
5. Малахов А.В., Шутин Д.В. Выполнение отдельных архитектурно-конструктивных решений для кладки из мелкоштучных материалов при работе робототехнических комплексов. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017. С. 57.

Пестерев А.Р., студент 3 курса 301 группы ИЦТМС
 Научный руководитель –
 профессор, канд. физ.-мат. наук **Ю.В. Осипов**

ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ

В данной статье поднимаются проблемы моделирования нестационарных процессов и рассматривается линейное дифференциальное гиперболическое уравнение переноса, используемое для моделирования пористых сред. Данная задача имеет различные применения, может встречаться также в промышленных и строительных технологиях, в природе. Так, к примеру, данное уравнение может использоваться на момент создания прочного фундамента [1]. Моделирование фильтрации суспензии в пористой среде – пример, на основе которого чётко видна важность качественного решения, ведь решение даёт представление о процессе фильтрации.

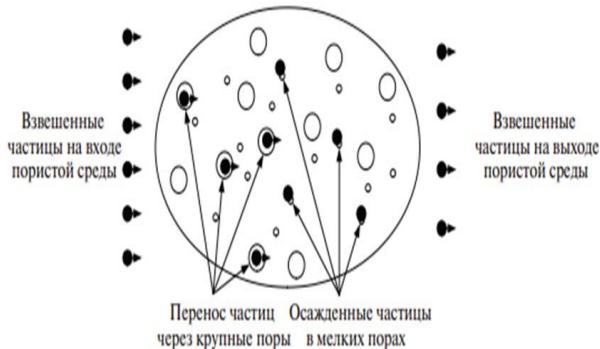


Рисунок 1 - Схема фильтрации частиц в пористой среде

Уравнение, моделирующее прохождение частиц через пористую среду, формулируется следующим образом:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + v(t) \frac{\partial c}{\partial x} + \frac{\partial s}{\partial t} \equiv 0, \quad (1)$$

В левой части уравнения (1) отражено равновесие накопления осадка и концентрации взвешенных частиц [2]. Накопление концентрации происходит вследствие перемещения суспензии в пористой среде. На изменение осадка со временем накладывается следующее ограничение:

$$\frac{\partial s}{\partial t} = \Lambda(S)\sqrt{C}, \quad (2)$$

где в правой части уравнения (2) находится функция, ограничивающая максимальное значение осадка в зависимости от концентрации. Данная функция принята равной функции Лэнгмюра:

$$\Lambda(S) = \sqrt{\Lambda_0 \left(1 - \frac{S}{S_m}\right)}, \Lambda_0 > 0, \quad (3)$$

В уравнении (3) присутствуют константы, отвечающие за скорость изменения осадка и максимальное значение осадка. При моделировании эти константы были приняты равными 1.

Для простоты будет рассматриваться система с постоянной скоростью, равной 1.

На решение также накладываются ограничения, что $\forall x \geq 0, t \geq 0$:

$$\begin{cases} 0 \leq C(x, t) \leq C(0, t) \\ 0 \leq S(x, t) \leq S_m \end{cases}$$

При решении задаются условия:

$$\begin{aligned} C(0, t) &= 1 \\ S(x, 0) &= 0 \\ C(x, 0) &= 0 \end{aligned}$$

Условия для функции C разрывны в $(0,0)$ и нам для моделирования необходимо рассматривать случай, когда в $C(0,0) = 1$.

Также для данной системы известно, что существуют некоторые нелинейные $x_1(t)$, $x_2(t)$ такие, что расстояние между их асимптотами со временем стремится к π , что также накладывает дополнительные сложности при численном решении:

$$\Upsilon = \int_0^1 \frac{ds}{\Lambda(s)} = \pi$$

Косой переход распространения функции C в (x, t) создает сложность в решении. Чтобы не обрабатывать его обособленно, предлагается переход к новым переменным:

$$\begin{aligned} x &= v * \tau \\ t &= t_0 + \tau \end{aligned}$$

В новых переменных уравнение (1) записывается как

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} + \frac{\partial S}{\partial t_0} \equiv 0$$

Новые переменные используют разложение времени на две компоненты, отличные по смыслу. Переменная t_0 соответствует времени начала распространения, распределения вдоль x в оригинальных координатах, а переменная τ времени в движении.

Важно отметить, что уравнение (2) сохранило свой вид.

При решении на регулярной сетке в (τ, t_0) было получено решение и график фронтов.

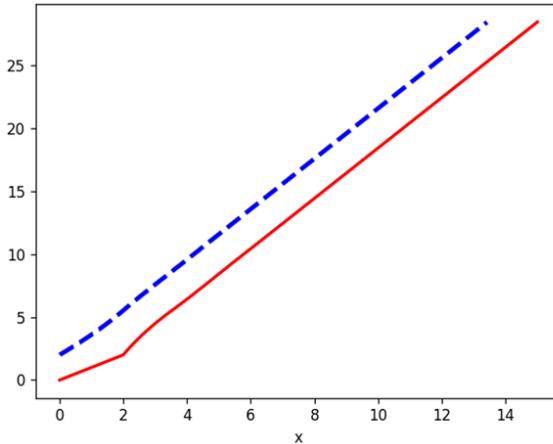


Рисунок 2 - График фронтов, где функции C, S одновременно 1 – пунктиром, одновременно 0 – сплошная.

На графике видно, что полученные численные решения отражают стремление разности асимптот к π .

При расчёте использовался метод Рунге-Кутты 4-ого порядка точности.

Библиографический список

1. Zhu G., Zhang Q., Liu R., Bai J., Li W., Feng X. Experimental and numerical study on the permeation grouting diffusion mechanism considering filtration effects. *Geofluids* 6613990 (2021).
2. Bedrikovetsky P Upscaling of stochastic micro model for suspension transport in porous media. *Transport in Porous Media* Vol. 75 pp. 335–369 (2008).
3. Herzig J.P., Leclerc D.M., le Goff P. (1970) Flow of suspensions through porous media—application to deep filtration. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, Vol. 62(8) pp, 8–35.
4. Bizmark N.J., Schneider R.D., Priestley, S.S. Datta, Multiscale dynamics of colloidal deposition and erosion in porous media. *Science Advances* **6**, eabc2530 (2020).
5. Osipov Y., Safina G., Galaguz Y. Calculation of the filtration problem by finite differences methods. *MATEC Web of Conferences* 251, 04021 (2018).

*Рябова Н.В., Филиппова Т.А., студентки 2 курса 63 группы ИПГС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук И.А. Макарова*

АВТОМАТИЗАЦИЯ REVIT С ПОМОЩЬЮ DYNAMO

Начиная с 2000 года среди специалистов в области BIM одним из популярнейших программных обеспечений является Autodesk Revit, задействующий в себе систему автоматизированного проектирования (САПР) и технологию информационного моделирования зданий (BIM). Популярность программы небезосновательна, ведь среди её возможностей: организация совместной работы, проектирование как в двух-, так и в трёхмерном пространстве, использование готовых моделей (семейств), автоматический подсчёт количества и характеристик объектов в спецификациях, а также импорт и экспорт из других графических редакторов. Вышеперечисленное делает Revit удобным для инженера, архитектора и даже дизайнера и позволяет разрабатывать проект в связке.

При всех своих достоинствах, ПО обладает рядом функций, выполнение которых является монотонной рутинной, тормозящей прогресс проекта своей недоработанностью. В качестве примера можно привести расстановку помещений, особенно сложной формы, или маркировку дверных и оконных проемов. Это лишь малая часть списка мелких недочетов, автоматизация которых необходима, поскольку они способны понизить производительность и мотивацию специалиста, работающего в Revit на постоянной основе.

Решить проблему можно, прибегнув к программированию. В крупных компаниях строительной отрасли обязательно есть программисты, пишущие скрипты и плагины для программ, на которые проектировщики создают проекты. Так упрощается жизнь сотрудникам, автоматически выполняются некоторые функции, создаются шаблоны с повторяющимися данными продуктов конкретной компании и т.д.

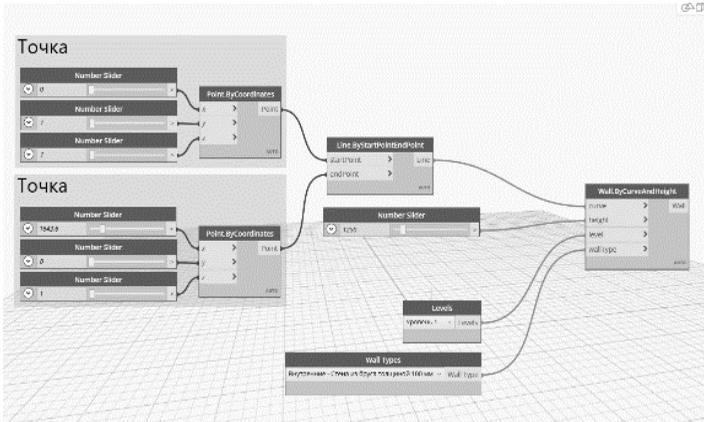
Однако, чтобы улучшить работу программы, BIM-специалисту необязательно прибегать к посторонней помощи, достаточно освоить инструменты, позволяющие писать сценарии взаимодействия с Revit API (Application Programming Interface).

Одним из таких инструментов является Dynamo.

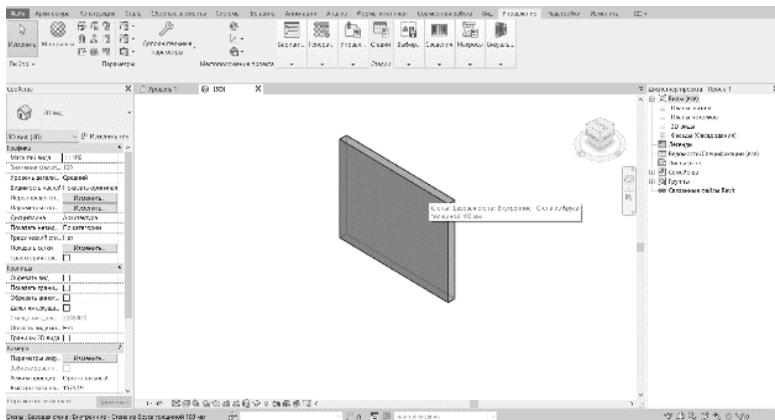
Dynamo - платформа визуального программирования с открытым кодом, разрабатываемая Autodesk.

Создание сценариев для оптимизации рутинных процессов и анализа больших блоков данных, а также непосредственно моделирование – главные функции, ради которых инструмент и появился на свет.

Рассмотрим примитивный пример использования среды – создание стены с собственными параметрами. Воплотим задумку в реальность посредством написания скрипта, осуществляющегося последовательностью узлов - предварительно разработанных текстовых фрагментов. В данном случае используется несколько видов узлов, выполняющих определённую функцию.



Number Slider: используется для ввода числа, при этом для его регулирования можно использовать ползунок, ограничив его минимальным и максимальным значениями. Создание нескольких таких узлов и соединение их с Point.ByCoordinates (построение точки по трём заданным декартовым координатам x , y , z) примет вид скрипта, задающего координаты точки в трёхмерном пространстве.



Line.ByStartPointEndPoint: создание отрезка из двух входных данных-точек (начала и конца). Представленная линия задаёт направление стены. Повторное использование функции ввода числа будет определять высоту стены. Levels: задание значения уровня, к которому будет осуществляться привязка стены.

Wall Types: определяет тип стены, учитывая её свойства (материал, ширину, штриховки, цвет и т.д.).

Wall.ByCurveAndHeight: объединяет параметры стены (линия направление стены, высота, уровень привязки, тип стены). Правильный порядок соединения всех узлов завершит создание нужного нам объекта.

Dynamo дополняет функции Revit, автоматизирует рутинные процессы и повышает их качество, даёт возможность использования готовых скриптов в разных проектах. Помимо преимуществ, можно наблюдать и недостатки рассматриваемого инструмента.

Среди них отсутствие русскоязычного интерфейса, требование владения пользователем навыками написания алгоритмов и скриптов, в особенности для использования сложных узлов, необходимость запускать скрипт после каждой внесённой правки.

Библиографический список

1. Смакаев Р.М., Низина П.А. Применение среды визуального программирования Dynamo при разработке проекта здания в autodesk Revit [Электронный ресурс] / – 2020 – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-sredy-vizualnogo-programmirovaniya-dynamo-pri-razrabotke-proekta-zdaniya-v-autodesk-revit/viewer> – Загл. с экрана.

2. Младзиевский Е.П. Применение программных надстроек в Revit как способ расширения стандартного функционала [Электронный ресурс] / – 2020 – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-programmnyh-nadstroek-v-revit-kak-sposob-rasshireniya-standartnogo-funktsionala/viewer> – Загл. с экрана.

3. Dynamo Primer [Электронный ресурс] / Режим доступа : <https://primer.dynamobim.org/ru/index.html>.

Секция
**«Информационные системы, технологии и
автоматизация в строительстве»**

*Алешин Артем Александрович, студент 4 курса 1 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Л.А. Адамцевич*

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОТРЕБНОСТЕЙ ОБЪЕКТОВ АЭС

Одной из важных задач при эксплуатации АЭС является вопрос обеспечения безопасности и надежности объекта, а также эффективности его функционирования. В этой связи актуальным видится интеграция технологий цифровой трансформации или технологий Индустрии 4.0.

Применение технологий Индустрии 4.0, к которым относится Интернет вещей, технологии информационного моделирования, аддитивное строительное производство, искусственный интеллект, большие данные и пр. [1-2], позволяет обеспечивать не только мониторинг и контроль, но также и регулирование процессов, непрерывно протекающих на объектах капитального строительства.

В представленном исследовании рассматривается вопрос применения технологий Индустрии 4.0 для обеспечения потребностей АЭС. В частности, рассматриваются перспективы применения искусственного интеллекта для прогнозирования потребности объектов АЭС, а основной целью исследования является разработка автоматизированной системы анализа потребностей АЭС.

Уже сегодня на объектах АЭС применяются автоматизированные системы управления, которые позволяют не только обеспечить стабильное функционирование станции, оптимизировать работу оборудования и сократить риски возникновения ЧС из-за человеческого фактора, но также собрать данные об объекте.

При этом грамотный анализ данных позволяет не только выявить основные тренды в функционировании объекта, но и принимать своевременные решения по дальнейшему управлению объектом.

Основные потребности АЭС представлены на рисунке 1.

Энергетические потребности

Основное назначение АЭС – выработка электроэнергии. В этой связи на первом месте стоит потребность объекта в ядерном топливе, соответствующем оборудовании, техническом обслуживании и при необходимости своевременном ремонте.

Обеспечение безопасности

На АЭС должен быть обеспечен высокий уровень безопасности как для персонала, так и населения и окружающей среды. Данный факт приводит к необходимости в средствах защиты, системах контроля и мониторинга, а также в программе обучения и тренировки персонала на случай возникновения ЧС.

Управление отходами

Специальной обработки и захоронения требуют радиоактивные отходы. Вопросу обращения с радиоактивными отходами на атомных станциях уделяется значительное внимание [3-4]. Данный аспект указывает на потребность в обеспечении безопасных хранилищ для отходов и технологиях для обработки и утилизации радиоактивных материалов.



Рисунок 1 - Основные потребности АЭС

Нормативно-правовое регулирование

Функционирование АЭС происходит в соответствии со строгими нормативно-правовыми документами, международными требованиями, в том числе в области безопасности, охраны окружающей среды, качества производства, транспортировки ядерных материалов и др. Таким образом, атомные электростанции имеют потребности в системах мониторинга и управления для обеспечения всех требований регулирующих органов.

Для определения функций разрабатываемого приложения в рамках задачи автоматизированной системы анализа потребностей необходимо провести анализ нормативной документации, основными из которых являются:

- Федеральный закон "Об использовании атомной энергии" от 21.11.1995 №170-ФЗ, который регулирует правовые основы использования атомной энергии, включая правила и нормы для безопасности ядерной энергетики [5].

- Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 №7-ФЗ, который устанавливает правовые основы охраны окружающей

среды, включая нормы и требования к экологической безопасности в отношении деятельности АЭС [6].

– Постановление Правительства Российской Федерации "Об обеспечении безопасности атомных электростанций" от 15.10.2012 №1005, который устанавливает основные правила и требования к обеспечению безопасности при строительстве и эксплуатации атомных электростанций [7].

Анализ указанных документов позволил сформировать первичный список положений, которые целесообразно внести в приложение:

– Топливо: в приложении будет проводиться анализ и прогноз расхода топлива на основе имеющихся данных с помощью итерационных моделей.

– Энергия: в приложении будет проводиться анализ и прогноз выработки энергии на основе имеющихся данных с помощью итерационных моделей. Данная функция будет отображать сколько энергии в чистом виде можно будет получать в тот или иной промежуток времени.

– Нормативно-правовое регулирование: анализ эксплуатации АЭС на основе нормативно-правовых актов и законов, а также прогноз, удастся ли сохранить требуемые законом нормы в дальнейшем.

– Контроль отходов: в приложении будет проводиться анализ и прогноз количества отходов на электростанции на основе имеющихся данных с помощью итерационных моделей.

Разработка приложения ведётся на языке высокого программирования Python. Для реализации работы приложения Python является самым подходящим языком программирования за счёт скорости написания кода и наличия соответствия фреймворков.

На первом этапе разработки приложения необходимо провести анализ существующего программного обеспечения. Это необходимо для формирования ключевых характеристик разрабатываемой системы. При этом особое внимание целесообразно уделить следующим аспектам:

1. Функциональные возможности: наличие необходимых функций, подходящих поставленным задачам.

2. Интеграция и совместимость: учет возможности интеграции с существующими системами анализа потребностей АЭС, а также возможности интеграции с используемыми на объекте автоматизированными системами управления.

3. Безопасность и надежность: оценка возможности обеспечения безопасной и надежной работы системы.

4. Пользовательский интерфейс и управление: анализ удобства использования приложения и интерфейса ПО для пользователя.

5. Техническая поддержка и обновления: учёт возможностей технической поддержки и обновлений ПО, а также адаптации к новым требованиям и стандартам.

Далее необходимо определиться с языком программирования и основной применяемой технологией. В рамках решения планируется разработать модель машинного обучения, основной целью которой будет прогноз потребностей АЭС, определенных выше.

Анализ технологий искусственного интеллекта при разработке приложения по прогнозированию потребностей объектов АЭС

Одним из ключевых инструментов для реализации нейросетевых архитектур и алгоритмов глубокого обучения является язык программирования Python.

Для реализации поставленной в исследовании задачи целесообразным видится применение таких библиотек, как TensorFlow и Keras.

TensorFlow – это открытая программа для машинного обучения и искусственного интеллекта, разработанная компанией Google.

Эта библиотека предоставляет инструменты для создания и обучения различных моделей машинного обучения, включая нейронные сети, метод опорных векторов, регрессию и другие [8].

TensorFlow предоставляет гибкую платформу для разработки и развертывания моделей машинного обучения, а также работает с широким спектром устройств, включая серверы, мобильные устройства и веб-приложения.

Keras – это высокоуровневая библиотека для построения нейронных сетей, которая предоставляет удобный и интуитивно понятный интерфейс для создания и обучения различных моделей и является частью библиотеки TensorFlow [9]. Keras позволяет быстро и легко создавать сложные нейронные сети с различными архитектурами, включая сверточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети и сети с прямым распространением.

Она также поддерживает автоматическое распределение вычислений на множестве процессоров или графических ускорителей.

Вместе с тем, одной из ключевых задач при обучении модели машинного обучения являются исходные данные.

Исходные данные для обучения разрабатываемой модели собираются из открытых источников.

Выводы

В настоящее время все больше внимания уделяется процессу цифровой трансформации строительной отрасли. Кроме того, внедрение технологий Индустрии 4.0 в процесс эксплуатации АЭС является весьма перспективным.

Так, например, разрабатываемая система позволит эффективно прогнозировать потребность в ресурсах АЭС на основании уже имеющихся данных.

При этом точность прогноза будет увеличиваться за счет повторного обучения модели новыми данными.

Библиографический список

1. *Адамцевич Л.А., Гинзбург Е.А., Шилов Л.А.* Строительство 4.0//Жилищное строительство.2023. №11. С.18-23.
2. *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.
3. Отчёт по экологической безопасности госкорпорации Росатом, Курская АЭС [Электронный ресурс]: <https://www.rosenergoatom.ru/upload/iblock/d5b/d5b3a1c86dbec57d137d9ba352eb414.pdf> (дата обращения 27.02.2024 г.).
4. Отчёт по экологической безопасности госкорпорации Росатом, АО АЭХК [Электронный ресурс]: www.aecc.ru/attachments/article/1403/ОЭБ%20%20АЭХК%20за%202022.pdf (дата обращения 29.02.2024 г.)
5. Федеральный закон "Об использовании атомной энергии" от 21.11.1995 №170-ФЗ [Электронный ресурс]: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8450/?ysclid=ls7kojof3i551880931 (дата обращения 01.02.2024 г.)
6. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 №7-ФЗ [Электронный ресурс]: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/?ysclid=ls7kr5ncmq82131909 (дата обращения 01.02.2024 г.).
7. Постановление Правительства Российской Федерации "Об обеспечении безопасности атомных электростанций" от 15.10.2012 №1005 [Электронный ресурс]: <https://base.garant.ru/70243124/?ysclid=ls7ks1gzl0900634741> (дата обращения 01.02.2024 г.).
8. Библиотека изучения нейронных сетей и искусственного интеллекта TensorFlow [Электронный ресурс]: <https://www.tensorflow.org/overview?hl=ru> (дата обращения 02.02.2024 г.).
9. Библиотека глубокого изучения нейронных сетей и Keras [Электронный ресурс]: <https://keras.io/api/models/> (дата обращения 01.02.2024 г.).
10. *Пиляй А.И.* Базы данных: учебное наглядное пособие [Электронный ресурс]: учебное пособие. Москва: Московский государственный строительный университет, 2020. <http://lib-04.gic.mgsu.ru/lib/UNP2020/88.pdf> (дата обращения 01.02.2024 г.).

*Алиппиев Константин Олегович,
студент магистратуры 2 курса 5 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Е.В. Игнатова*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ФУНКЦИЙ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ LARIX.MANAGER И AUTODESK NAVISWORKS

В настоящее время, строительство довольно быстро развивается и требует всё более инновационных подходов к решению своих задач.

На помощь приходит различное программное обеспечение, которое позволяет разрабатывать информационные модели.

Использование технологии информационного моделирования помогает минимизировать риски, сократить трудозатраты и время на проектирование объекта строительства.

Также, данная технология позволяет организовать совместную работу инвестора, заказчика, застройщика, генерального проектировщика и формирует фундамент для принятия управленческих решений на протяжении всего жизненного цикла объекта.

Реализация строительного проекта с использованием технологий информационного моделирования включает в себя работу с большим количеством данных таким как: цифровые модели, элементы, коллизии, составляющие компоненты, объекты и др.

Эти данные необходимо собирать, структурировать и анализировать для того, чтобы иметь представление о динамике работы над проектом, в том числе о нахождении коллизий и о процессе исправления ошибок.

На международном рынке программного обеспечения для мониторинга информации о моделях, координации информационных моделей, создания сводных информационных моделей явно можно выделить одного из лидеров от компании Autodesk – Navisworks. Autodesk Navisworks – это мощное программное решение, предназначенное для анализа проектов в области архитектуры, строительства и инженерии.

Оно поддерживает принципы работы с BIM и методологии строительства BIM, обеспечивая эффективное взаимодействие между специалистами и оптимизацию рабочих процессов [1].

В соответствии с приказом Президента РФ от 30.03.2022 № 166 "О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации", с 1 января 2025 года органам государственной власти, заказчикам запрещается использовать иностранное программное обеспечение на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры [2], а

также перейти на преимущественное применение доверенных программно-аппаратных комплексов (отечественное программное обеспечение).

Такое решение обуславливается необходимостью защиты информации и в целом национальной безопасности, обеспечением работоспособности процессов компаний, для функционирования которых требовалось зарубежное программное обеспечение, в условиях нынешних реалий.

В целом, переход на отечественное программное обеспечение имеет следующие преимущества:

- 1) Лучшая адаптация к специфике российского рынка и законодательства (Локализация);
- 2) Оперативная и качественная техническая поддержка клиента;
- 3) Обеспечение более высокого уровня защиты конфиденциальности и безопасности данных;
- 4) Более доступные цены по сравнению с зарубежными аналогами;
- 5) Интеграция с другими отечественными системами и сервисами;
- 6) Поддержка российских разработчиков способствует развитию отечественной IT-индустрии и экономики в целом [3,4,5].

Одной из ключевых проблем перехода с зарубежного программного обеспечения на отечественное является сложность в обеспечении интероперабельности программ и различных форматов данных между собой.

Рассматривая ситуацию переноса старых данных из зарубежного в отечественное программное обеспечение, как раз возникает данная проблема и необходимо, чтобы российское программное обеспечение могло поддерживать общепринятые форматы данных, могло работать с ними и имело необходимый функционал [6].

В данной статье были проанализированы два программных комплекса с похожими возможностями.

Со стороны отечественного программного обеспечения выступил Larix.Manager от российской компании «Айбим», зарубежного, вышеупомянутый, Autodesk Navisworks.

Хотелось бы отметить, что Larix.Manager внесён в реестр Российского программного обеспечения 20.07.2023 под номером заявления 279929 [7].

Начнём с рассмотрения интерфейса программ.

Интерфейс Autodesk Navisworks представляет собой ленточный тип интерфейса, похожий на тип интерфейса других продуктов от Autodesk (рисунок 1).

Интерфейс интуитивно понятен и прост в использовании.

Пользователь может настраивать интерфейс приложения в соответствии с характером своей работы.

Например, можно скрыть редко используемые закрепляемые окна, чтобы они не занимали место на экране.

Можно добавить или удалить кнопки из ленты и панели быстрого доступа.

модели. Отличительной особенностью Larix.Manager является возможность использования отечественной нормативной базы для комплексной проверки модели и её экспертизе. Интеграция возможна на основе базы программы, но пока не реализована. Одной из функций, присутствующих в Autodesk Navisworks, которая отсутствует в Larix, является возможность создания задач, назначения на них ресурсов и построения графика производства работ. Данная функция может быть полезна при комплексном использовании ТИМ в проекте. Larix.Manager – 100% российский продукт. Вся рабочая информация, которая используется в системе, хранится на локальных компьютерах пользователей и внутренних серверах компании-заказчика. Стоимость решения не зависит от валютных колебаний, а некоторый его функционал превосходит зарубежные аналоги [10].

Далее будет представлена краткая форма сравнительного анализа двух программ в виде таблицы для более удобного представления.

Таблица 1 – Сравнительный анализ Larix.Manager и Navisworks

Критерий сравнения	Larix.Manager	Autodesk Navisworks
Поддерживаемые форматы файлов	.ifc, .rvt, .rmp, .imc, .xlsx, сторонние форматы файлов от Айбим	.ifc, .rvt, .nvs, .xlsx, .html, .xml, .nvf, .nvd, .dwg, .dxf, .3dm, .skp, .prt, .sldprt, .asm, .sldasm, и мн. других
Возможность комплексной проверки на коллизии	Да	Да
Возможность создания сводной информационной модели	Да	Да
Возможность автоматизированной проверки на корректность параметров	Да	Да
Визуальная проверка информационной модели	Да	Да
Возможность создания статусной информационной модели	Да	Нет
Возможность создания графика производства работ	Нет, только с помощью стороннего ПО	Да
Стоимость годовой лицензии на одного пользователя	60 000 RUB	2 740 USD
Возможность развёртывания на общем сервере или BIM 360	Нет	Да

Оба продукта предлагают широкий спектр функциональности для управления проектами в области строительства и архитектуры. Larix.Manager как и Autodesk Navisworks сконцентрирован на управлении проектом в целом и специализируются на координации моделей и визуализации данных проекта. Larix.Manager является недорогим продуктом импортозамещающим Navisworks, который может быть использован как отличное средство для мониторинга и управления информационной моделью объекта.

Библиографический список

1. Эльшейх А.М., Аберрах М.И., Аль-Оайеф Ш.М. Обзор программного обеспечения для управления проектами // Системные технологии. 2022. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-programmnogo-obespecheniya-dlya-upravleniya-proektami/viewer> (дата обращения 22.02.2024).
2. Приказ Президента РФ от 30.03.2022 № 166 "О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации" [Электронный ресурс] URL: <https://publication.pravo.gov.ru/Document/View/> (дата обращения: 22.02.2024).
3. Беседина И.П., Белякова А.П., Жабаева В.А. Анализ и сравнение современных сапр тп отечественных разработчиков // Теория и практика современной науки 2019. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-sravnienie-sovremennyh-saprt-otechestvennyh-razrabotchikov/viewer> (дата обращения 22.02.2024).
4. Фимушкин М.Э., Терехов О.П. Цифровые бизнес-процессы в строительстве. основные направления импортозамещения в цифровом поле строительной отрасли // Вестник науки 2023. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovyye-biznes-protsessy> (дата обращения 22.02.2024).
5. Христофорова К.А., Демидова В.С., Кривогино Д.Н. Субъектно-ориентированное обоснование выбора программного обеспечения для реализации BIM-технологий, совместимых с календарно-сетевым планированием в капитальном строительстве // Инженерный вестник 2021. <https://cyberleninka.ru/article/n/subektno-orientirovannoe-obosnovanie-vybora-programmnogo-obespecheniya-dlya-realizatsii-bim-tehnologiy-sovmestimyyh-s-kalendar-no-setevym-planirovaniem-v-kapital-nom-stroitel-ctve> (дата обращения 22.02.2024).
6. Вербичкий В.А. Анализ программных комплексов и опыта внедрения BIM-технологий // International Journal of Advanced Studies 2019. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-programmnyh-kompleksov-i-opyta-vnedreniya-bim-tehnologiy/viewer> (дата обращения 24.02.2024).
7. Реестр Российского программного обеспечения [Электронный ресурс] URL: <https://reestr.digital.gov.ru/reestr/> (дата обращения 23.02.2024).
8. Руководство пользователя Navisworks 2022 [Электронный ресурс] URL: <https://help.autodesk.com/view/NAVFREE/2022/RUS/> (дата обращения: 23.02.2024).
9. Руководство пользователя Larix.Manager URL: https://bim.Larix_Manager.pdf (дата обращения 24.02.2024).

*Бессараб Ольга Михайловна, студентка 4 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Е.В. Игнатова*

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАПОЛНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АРМИРОВАНИЯ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ЦИМ

Цифровая информационная модель конструктивных решений здания содержит 3D-элементы конструкций, а также спецификации и чертежи. Чертежи содержат большое количество аннотационных обозначений.

Для прохождения экспертизы результат моделирования необходимо представить в формате IFC. IFC – открытый стандарт, который содержит информационную модель объекта строительства и используется для обмена данными о модели между различными ПО, поддерживающими концепцию OpenBIM. При экспорте в формат IFC все аннотационные обозначения пропадают, это создаёт сложности при дальнейшем использовании модели.

При проектировании крупных строительных объектов армирование целесообразнее выполнять 2D-линиями, так как 3D-арматура требует большие затраты ресурсов компьютера. Еще создают спецификации арматуры и в основном работают с ними.

При экспорте в формат IFC, информационная модель теряет данные о 2D-армировании, остается только текст в виде спецификации, который невозможно верифицировать.

Решением проблемы может стать запись данных о 2D-арматуре в параметры 3D-объекта, содержащего арматуру (в его основу). Это позволит сохранить справочную информацию об армировании в ЦИМ здания при экспорте в формат IFC.

Цель исследования - определить необходимые параметры арматуры для передачи значений из 2D модели в 3D модель.

Для изучения действующих нормативных документов и стандартов по арматуре железобетонных конструкций необходимо обратиться к следующим источникам информации:

- СП 63.13330.2018 “Бетонные и железобетонные конструкции” [1];
- СП 333.1325800.2020 “Информационное моделирование в строительстве” [2];
- ГОСТ Р 57997-2017 Арматурные и закладные изделия сварные, соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций [3].

Важными параметрами, характеризующими свойства арматуры, являются:

Армирующий стержень — это длинный металлический стержень, обычно с рифленой поверхностью, используемый для армирования бетонных конструкций (рисунок 1) [4].

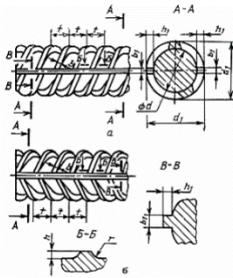


Рисунок 1 – Арматурный стержень

Армирующая сетка — это предварительно изготовленная сетка из металлических стержней, соединенных между собой посредством сварки или специальных крепления [5]. Примеры сеток представлены на рисунке 2.

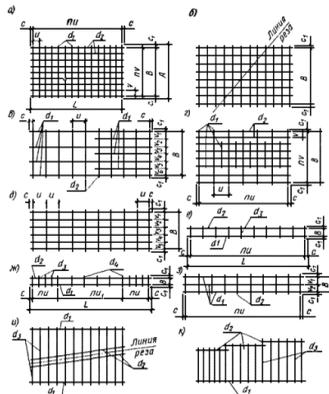


Рисунок 2 – Виды сварных сеток

Анкеровка арматуры — это процесс закрепления арматурных стержней в бетоне на длину достаточную для распределения внешних нагрузок с бетона на арматуру и наоборот.

Анкеровка осуществляется одним из следующих способов или их совокупностью (а - сцеплением прямых стержней с бетоном; б - крюками; в - лапками; г - петлями; д- приваркой поперечных стержней) (рисунок 3).

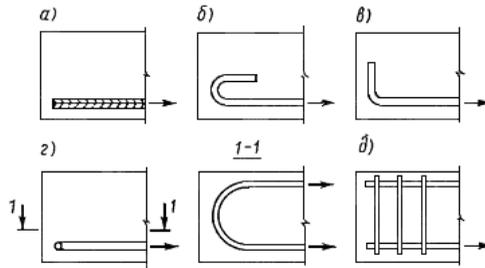


Рисунок 3 – Фрагмент анкеровки рабочей арматуры в бетоне элемента

Основным показателем качества арматуры, устанавливаемым при проектировании, является класс арматуры по прочности на растяжение [5]:

1. А — для горячекатаной и термомеханически упрочненной арматуры;
2. В, Вр — для холоднодеформированной арматуры;
3. К — для арматурных канатов.

Вид арматурной стали, марка, диаметр:

Вид арматурной стали – это обозначение указывает на тип стали, используемой для создания арматуры. В зависимости от характеристик стали, таких как прочность и химический состав, вид арматурной стали может варьироваться. Марка арматуры представляет собой числовое или буквенное обозначение, которое указывает на характеристики и свойства арматурной стали. Она включает в себя информацию о прочности и других технических параметрах материала. Диаметр – параметр, который указывает на диаметр сечения арматурной стали. Согласно СП 333.1325800.2020 “Информационное моделирование в строительстве” обязательными атрибутами, подлежащих описыванию в цифровой информационной модели являются следующие параметры: тип элемента, вид арматуры, вид арматурной стали, марка арматурной стали, класс арматурной стали, тип сортамента металлопроката, марка стали металлопроката, тип непрерывного армирующего наполнителя, диаметр арматуры и т.д. Все эти параметры указываются на уровнях проработки: В, С1, С2, D, G.

К основным средствам информационного моделирования железобетонных конструкций относятся следующие ПО: Renga; Autodesk Revit; Archicad.

В Renga доступны несколько способов армирования: параметрическое армирование, раскладка сеток (только для стен и перекрытий), раскладка каркасов (стены, колонны, проёмы, балки), раскладка сеток и каркасов (столбчатые и ленточные фундаменты) [7].

Армирование в Archicad включает методы создания и управления арматурой в двумерном и трехмерном пространствах.

Армирование в 2D обычно используется для плоских элементов, таких как плиты, стены или фундаменты. Модель арматуры в 3D обеспечивает возможность увидеть армирование в контексте всей трехмерной

конструкции, что помогает идентифицировать потенциальные конфликты и обеспечить точное размещение арматурных элементов в пространстве [8].

Инструменты армирования в Revit позволяют добавить элементы армирования (такие как арматурные стержни или арматурная сетка) к допустимой основе (например, к бетонной балке, колонне, несущему перекрытию или фундаменту). Также в Revit есть доступ к параметрическому армированию [9].

Изучение действующих нормативных документов и стандартов, регламентирующих требования к арматуре железобетонных конструкций, позволит автоматизировать процесс записи параметров армирования в параметры ее основы. Кроме того, изучение существующих систем автоматизации позволит выбрать наиболее подходящую систему для решения задачи.

Библиографический список

1. СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции» URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293732/4293732_352.pdf (дата обращения: 22.02.2024).
2. СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве URL: <https://www.sskural.ru/bim/docs/> (дата обращения: 21.02.2024).
3. ГОСТ Р 57997-2017 Арматурные и закладные изделия сварные, соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. [Электронный ресурс]. – URL: <https://armatura-optom.by/images/ankerovka-armatury/sp-63-13330-2018.pdf>; (дата обращения: 21.02.2024).
4. Руководство по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения/ГПИ Ленингр. Промстройпроект Госстроя СССР, ЦНИИпромзданий Госстроя СССР, НИИЖБ Госстроя СССР. М.: Стройиздат, 1978.—175 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293855/4293855202.pdf>; (дата обращения: 22.02.2024).
5. *Шабданов М.Д.* Оценка проектных параметров рабочих арматур в железобетонных конструкциях зданий и сооружений. (дата обращения: 22.02.2024).
6. Автоматизация процессов с помощью скриптов Dynamo - автор: Крис Уилкинсон; (дата обращения: 23.02.2024).
7. Renga: инновационный подход к проектированию зданий и сооружений-статья от автора Александра Кузнецова. (дата обращения: 23.02.2024).
8. “Применение BIM-технологий в архитектурном проектировании на примере ArchiCAD” - Автор: Юрий Таскин. (дата обращения: 22.02.2024).
9. *Борисов М.П., Вавин А.А., Уткина В.Н.* Современные автоматизированные системы Revit и Renga для информационного моделирования зданий. (дата обращения: 24.02.2024).
10. *Юрошева Т.А., Калиниченко А.В., Макиев В.Г.* Алгоритм проектирования несущих конструкций многоэтажного здания с использованием среды визуального программирования Dynamo Studio. (дата обращения: 24.02.2024).

Бородкин Кирилл Юрьевич,
студент магистратуры 2 курса 5 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук Н.В. Князева

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА КОММЕРЧЕСКОЙ НЕДВИЖИМОСТИ В ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ

Строительство и девелопмент в современном мире – неотъемлемая часть повседневной и культурной жизни больших городов. И если застройщики, специализирующиеся на жилом сегменте недвижимости, могут прогнозировать свои доходы достаточно простыми способами, поскольку существует определенное количество квартир разных площадей с почти фиксированной стоимостью квадратного метра в зависимости от местоположения объекта и есть определенный план продаж, который закладывается в финансовую модель при обосновании решений о строительстве объекта, то в коммерческом сегменте такие расчеты не всегда верны. При строительстве объекта коммерческой недвижимости застройщик и инвесторы всегда идут на риск. Всегда имеются свои ограничения. Например, если коммерческая недвижимость входит в состав жилого комплекса, в особенности бизнес или премиум сегмента, то отделка и оформление офисных или торговых помещений должны быть строго регулируемыми и регламентируемыми.

Существует несколько вариантов реализации планов продаж офисных или торговых помещений.

Первый вариант – это продажа всех помещений одному юридическому или физическому лицу с согласованием регламента, касающегося как привлечения необходимого потребительского сегмента, так и сохранения единой стилистики в отношении внутренней отделки помещений. В таком случае, все риски и издержки берет на себя покупатель помещений, Окупаемость затрат застройщика здесь сведен к минимуму.

Второй вариант – самостоятельное управление торговыми и офисными помещениями и их продажа/аренда по отдельности. В данной ситуации застройщик или девелопер сам в праве решать, с кем заключать договор, сам выставляет ограничения и занимается проверкой их соблюдения. Окупаемость затрат застройщика здесь определяется покупательским спросом на помещения и зависит от множества факторов, начиная с местоположения и заканчивая работой маркетингового отдела.

Анализ коммерческой недвижимости в городской застройке проводится по следующим параметрам:

1. Физические характеристики объекта – его площадь, качество отделки, наличие парковки;

2. Местоположение объекта – близость к историческому центру города, к метро или транспортным узлам, проходимость;

3. Конкуренция – количество смежных по направлению ведения бизнеса организаций, находящихся в пешей доступности от рассматриваемого места;

4. Динамика роста стоимости аренды помещений в указанном районе за последние годы.

Оценка недвижимости более тесно связана с установлением стоимости земельного участка или площади под офисные/торговые и прочие помещения. Она также коррелирует с определением и анализом характеристик, упомянутых выше, однако возникают трудности с количественной оценкой влияния огромного числа параметров и характеристик, чтобы прийти к оценке стоимости. Оцениванием объекта любой недвижимости занимается оценщик, который не всегда грамотно выполняет свою работу, и поэтому отчасти считают, что оценка недвижимости является субъективным мнением одного человека или группы лиц, назначавших стоимость [1].

Но также на сегодняшнем рынке недвижимости ее стоимость постоянно меняется в следствие не всегда зависящих от нее внешних факторов, и поэтому существует вероятность, которая неоднократно появлялась на практике, что фактическая сумма продажи/покупки недвижимости может достаточно сильно разниться с оценочной. Тем не менее, существуют даже методы автоматизированной оценки коммерческой недвижимости. Одна из наиболее широко применяемых – это модель гедонистических цен (НРМ). Эта система оценки измеряет вклад систематических факторов в стоимость недвижимости [2].

$$\ln \ln Y_i = X_i \beta + \varepsilon_i$$

Здесь Y_i – цена объекта недвижимости,

X_i - объясняющие переменные,

ε_i - случайная ошибка.

В качестве объясняющих переменных используются как переменные, характеризующие условия контракта, так и характеристики самих сдаваемых в аренду помещений и свойства их местоположения в городе.

Основные преимущества данного метода следующие:

1. Возможность оценки стоимости на основе конкретных вариантов причинно-следственных связей.

2. НРМ основан на простых методах регрессии, которые легко реализовать и осмыслить.

3. НРМ предполагает predetermined функциональную форму, которая часто является линейной в исследованиях недвижимости.

Когда организация или человек планирует арендовать или купить коммерческое помещение, он не прибегает к методам оценки недвижимости, единственное, что ему необходимо – это максимально упрощенный и

автоматизированный процесс выбора наиболее подходящего ему помещения или объекта, учитывающего категорию бизнеса, бюджет, выделенный под аренду или покупку, все внешние параметры, такие, как проходимость, конкуренция в пешей доступности и прочие.

Ниже предоставлен алгоритм системы, позволяющей максимально ускорить и избавиться от издержек при выборе объекта коммерческой недвижимости:

1. Считывание городской застройки с помощью ГИС и последующий перенос ее в среду разработки;
2. Парсинг данных с информационных ресурсов по продаже или аренде недвижимости и также перенос этих данных;
3. Поиск и выделение объектов с активными объявлениями о продаже или аренде недвижимости;
4. Задание параметров, наиболее ценных для пользователя системы;
5. Использование эволюционного алгоритма для подбора подходящего объекта коммерческой недвижимости.

В качестве ГИС предлагается использовать QGIS (свободная десктопная географическая информационная система с открытым кодом) [3].

Среда разработки – Rhino 3D (это программа для создания трехмерной графики и компьютерного проектирования (CAD) [4].

Плагин с визуальным программированием – Grasshopper – встроенная система в Rhino 3D (его основной принцип — выстраивание непрерывной цепочки из данных и их настроек, которые вместе образуют стройный алгоритм и могут быть выведены в виде какого-то единого объекта) [5].

Библиографический список

1. Теоретические аспекты оценки коммерческой недвижимости // Cyberleninka URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-aspekty-otsenki-kommercheskoy-vedvizhimosti> (дата обращения: 20.02.2024).
2. Методы автоматизированной оценки коммерческой недвижимости // Cyberleninka URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-avtomatizirovannoy-otsenki-kommercheskoy-vedvizhimosti> (дата обращения: 20.02.2024).
3. Геоинформационная система QGIS // ДЗЕН URL: https://zen.ru/a/Y8qmZz7d5E_xJuAu (дата обращения: 20.02.2024).
4. Rhinoceros 3D (Rhino 3D) // Media Contented URL: <https://media.contented.ru/glossary/rhinoceros-3d/?ysclid=Isucwc8dsg262833449> (дата обращения: 20.02.2024).
5. Что такое Grasshopper3D // Skillbox URL: <https://skillbox.ru/media/design/grasshopper3d/?ysclid=lsud6dtqx0324767620> (дата обращения: 20.02.2024).

Бутикова Татьяна Евгеньевна, студентка 3 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. **Н.А. Иванов**

ПРОГРАММИСТ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ— КОЛЛЕГИ-СОАВТОРЫ ИЛИ МАСТЕР И ИНСТРУМЕНТ

Современное программное обеспечение (ПО) обладает высокой сложностью подготовки и разработки. Разработчики ПО выстраивают огромные иерархические программные продукты и комплексы из относительно небольших компонентов.

По этой причине область применения возможностей искусственного интеллекта (ИИ) расширяется по мере его обучения и совершенствования. Активное привлечение ИИ на различных стадиях разработки уже применяется рядом компаний, создающих ПО [1].

Процесс разработки ПО

Процесс разработки ПО состоит из набора этапов, называемых жизненным циклом разработки ПО [2].

Жизненный цикл разработки ПО (ЖЦРПО) — это описание пути развития ПО, состоящее из ряда основных шагов, начиная от момента *принятия решения* о разработке ПО и заканчивая его *сопровождением* в процессе эксплуатации на устройствах пользователей [3].

В условиях цифровизации, проникающей в различные сферы человеческой деятельности, можно утверждать, что технологии ИИ, разработанные на основе определенных баз и алгоритмов, могут быть применены на всех этапах ЖЦРПО.

Роль ИИ на стадии планирования и анализа проекта

Разработка требований для ПО включает в себя сбор, анализ, документирование и управление проектными требованиями. Инструменты ИИ, основанные на базе распознавания и *обработки естественного языка* (Natural Language Processing, NLP) [5], анализируют полученную информацию из различных неструктурированных данных. Содержащий необходимую базу требований ИИ может *обучаться выявлять закономерности и тенденции* в больших наборах данных для дальнейшего создания документации на основе требований проекта, а также её последующего ведения, отслеживания изменений и обеспечения контроля актуальных версий.

ИИ может помочь *автоматизировать процесс* разработки проекта, используя аналитику для выявления потенциальных рисков или проблем в режиме реального времени [6].

В качестве примера программы, предоставляющей инструменты для управления проектами по созданию ПО, можно привести разработанную

компанией Fog Creek Software облачную программу для управления проектами небольших групп *Trello* [7]. Она предлагает множество функций на основе решений ИИ.

Роль ИИ при составлении кода ПО

Роль искусственного интеллекта в участии поэтапной автоматизации процессов разработки ПО заключается в том, чтобы помочь разработчикам своевременно обнаружить, диагностировать и исправить ошибки, предлагая варианты, основанные на сборе информации с участием встроенной базы данных и алгоритмов программирования. Пример использования такого подхода при обучении ИИ рассмотрен в [8]. Роль ИИ в обработке ошибок при разработке ПО заключается в том, чтобы предоставить программистам средства для реагирования на ошибки и восстановления после них, чтобы программа могла продолжать дальнейшие процессы [8].

С другой стороны, искусственный интеллект можно использовать для анализа кода и выявления ошибок или проблем с безопасностью. Такие технологии уже были введены в 2021 году компанией GitHub, которая представила функцию *CoPilot* [9]. Система на основе этой функции анализирует код программиста, предлагая новые строки или функции, с оценкой смыслового содержания разрабатываемого ПО.

Помимо *CoPilot*, уже несколько лет существует помощник с искусственным интеллектом *Tabnine* [10] — ИИ-ассистент, который автоматически заканчивает начатую пользователем строку (функция автоматического дополнения кода).

Подводя итоги, можно отметить, что применение программ с инструментами ИИ на этапе составления и дополнения кода неоспоримо.

Роль ИИ в процессе тестирования ПО

Обработка ошибок ИИ должна выполняться точно и качественно, чтобы обеспечить гарантию безопасности ПО перед угрозами и возникновением прежде необработанных ошибок. Они выявляются при тестировании участков кода с помощью ИИ, что в дальнейшем может обеспечить корректную работу и поддержку программного обеспечения.

ИИ может запустить дополнительную проверку системы на соответствие алгоритмам, методам кодирования и их взаимосвязи с данными.

ИИ генерирует поток входящей информации о составе кодовой части ПО и, структурируя и классифицируя ее, создает общую базу данных для последующего сканирования измененных частей на соответствие ошибкам при тестировании.

На основе регулярно обновляющейся информации об основных ошибках, вносящейся программистами в хранилище ИИ, автоматизированная система приобретает возможность предотвратить ряд возможных сбоев при дальнейших тестированиях [12].

ИИ может выявлять проблемы, появившиеся во время тестирования, в зависимости от степени их влияния на работоспособность ПО. Таким образом, он предоставляет информацию об основных причинах возникших

неполадок на основе имеющихся данных, позволяя специалистам решать основные проблемы.

Как пользователь взаимодействует с ИИ?

Важную роль в обеспечении контроля за выполнением всех этапов разработки и анализа работоспособности ПО с помощью участия ИИ играет программист, который занимается машинным обучением посредством набора специальных данных, ресурсов и алгоритмов [13].

В первую очередь, специалист занимается обучением ИИ для распознавания устной и письменной речи [14].

Для взаимодействия ИИ с разработчиком существует множество подходов. Одним из них является обработка естественного языка, которая позволяет машинам понимать, генерировать и манипулировать человеческой речью [15]. Примером могут служить такие голосовые сервисы, как Алиса от Яндекс [16] и Маруся от социальной сети Вконтакте [17], которые используют NLP для прослушивания запросов пользователей и поиска ответов. Google использует NLP для улучшения результатов поисковой системы.

NLP представляет собой совокупность текстов, подобранных и обработанных по определенным правилам, которые используются в качестве базы для исследования языка.

Для создания таких языковых моделей также используется глубокое обучение на основе ИИ [18]. Предварительно обученные языковые модели изучают структуру конкретного языка, обрабатывая большой источник информации, например, Википедию.

Затем их можно точно настроить под конкретную задачу пользователя. Однако необходимо учитывать, что функционал ИИ распространен ровно настолько, насколько усовершенствована его база данных.

Без своевременного обучения ИИ может выдавать несоответствующие запросу результаты.

Выводы

Согласно проведенному исследованию, можно сделать следующие выводы:

- Использование инструментов ИИ в процессе разработки программного обеспечения повышает качество будущего программного продукта и его устойчивость к возможным компьютерным угрозам и внешним атакам;
- На каждом из этапов жизненного цикла разработки программного обеспечения ИИ способен внести неоспоримый вклад в процессе создания ПО с помощью применяемых программистом комплексных инструментов, представляющих собой алгоритмы и базы данных;
- Как известно, способов взаимодействия с ИИ множество – программист выбирает предпочтительный вариант в зависимости от требований и ситуации.

Библиографический список

1. Использование ИИ-инструментов в разработке ПО [Электронный ресурс] URL <https://habr.com/ru/articles/748846/>. (дата обращения: 21.11.23).
2. SDLC Жизненный цикл разработки ПО. URL https://rt-solar.ru/products/solar_appscreener/blog/2394/ (дата обращения: 21.11.23).
3. В.Н. Пичугин, Р.В. Фёдоров, Е.С. Мигунова, М.П. Немкова Технология разработки программного обеспечения; Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова. - Чебоксары: ЧГУ, 2013 - 244 с.
4. NaturalLanguageProcessing (NLP). URL <https://processmi.com/terms/natural-language-processing-nlp/>. (дата обращения: 21.11.23).
5. ИИ и прогнозная аналитика для оценки рисков: использование машинного обучения для выявления рисков и управления ими [Электронный ресурс] URL <https://ts2.pl/ru/и-и-прогнозная-аналитика-для-оценки-р/#gsc.tab=0>. (дата обращения: 21.11.23).
6. Trello для команд по разработке. [Электронный ресурс] URL <https://trello.com/ru/teams/engineering>. (дата обращения: 21.11.23). Artificial Intelligence (AI) Software Development. [Электронный ресурс] URL <https://www.wearecapicua.com/blog/ai-software-development>. (дата обращения: 21.11.23).
7. Программисты больше не нужны? Искусственный интеллект научили писать код URL <https://tech.onliner.by/2021/12/14/programmisty-v-opasnosti>. (дата обращения: 21.11.23).
8. AI assistant that speeds up delivery and keeps the code safe. [Электронный ресурс] URL <https://www.tabnine.com/>. (дата обращения: 21.11.23).
9. Искусственный интеллект в автоматическом тестировании: преимущества и применение. [Электронный ресурс] URL <https://nauchniestati.ru/spravka/ii-v-avtomaticheskom-testirovanii-programmnogo-obespecheniya/>. (дата обращения: 21.11.23).
10. Профессия «Специалист по машинному обучению» — подробное описание и обзор [Электронный ресурс] URL <https://checkroi.ru/blog/specialist-po-mashinnomu-obucheniyu/>. (дата обращения: 21.11.23).
11. Как работает Word2Vec: нейросети для NLP [Электронный ресурс] URL <https://python-school.ru/blog/what-is-word2vec/>. (дата обращения: 21.11.23).
12. What Is Natural Language Processing (NLP)? [Электронный ресурс] URL <https://www.oracle.com/artificial-intelligence/what-is-natural-language-processing/>. (дата обращения: 21.11.23).
13. «Алиса, давай придумаем!» [Электронный ресурс] URL <https://yandex.ru/project/alice/yagpt?ysclid=lq7phyurpp154721150>. (дата обращения: 21.11.23).
14. «Привет! Я Маруся.» [Электронный ресурс] URL <https://marusia.vk.com/>. (дата обращения: 21.11.23).
15. Как тренировать свой ИИ. [Электронный ресурс] URL <https://skine.ru/articles/362807/>. (дата обращения: 21.11.23).

Быстров Константин Андреевич,
студент магистратуры 2 курса 6 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. К.Ю. Лосев

АДАПТАЦИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ К ПРОЦЕССАМ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОТЕЧЕСТВЕННОМ ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ

Введение

За последний несколько десятков лет, активная цифровизация строительной отрасли позволила автоматизировать множество процессов проектирования. Постепенно проектировщики перешли от ручной графики к машинной, а после, от плоскостных чертежей к информационным моделям. Данный фактор позволил ускорить некоторые процессы проектирования, а также скратить ошибки, появляющиеся при проектировании. Если раньше инженеру для разработки документации по проекту необходимо было потратить множество часов для отражения своих идей за кульманом, и увязки их со смежными разделами, то сегодня для реализации того же объема документации потребуется меньше времени.

Сегодня, вся автоматизация и цифровизация строительной отрасли стала доступна благодаря совместной работе инженеров, формирующих задачи по автоматизации процессов, и программистов, реализующих программы по решению поставленных задач. По мере развития технологий, у инженеров появилась возможность реализации сложных узконаправленных задач, однако стандартного инструментария в средах информационного моделирования стало не всегда хватать для их исполнения.

Програмные разработчики не смогли в полной мере предоставить готовое решение для уникальных задач, которые ставили перед ними проектировщики. Компромисом в данном вопросе стало внедрение инструментов визуального программирования в среды информационного моделирования. Оно предоставило проектировщикам возможность самостоятельно автоматизировать необходимые процессы, без затраты большого количества времени на освоение языка программирования. Сегодня любой инженер, при должной вовлеченности, способен в краткие сроки освоить визуальное программирование и при его помощи ускорить свою работу.

Подходы к адаптации ПО

На данный момент, основными производителями средств визуального программирования для программ строительной отрасли являются зарубежные компании, однако, в связи с их уходом из России, работа на зарубежном программном обеспечении (ПО) затруднена, а работа на

отечественном ПО еще повсеместно не налажена должным образом. Следовательно, на данный момент, использование программ для зарубежного ПО, реализованных при помощи инструментов визуального программирования, невозможно

Решением данной проблемы может стать адаптация опыта, полученного при работе на зарубежном ПО для работы на отечественном ПО. Проектировщики, сталкивавшиеся с инструментами визуального программирования на зарубежном ПО, способны перенести логику программ по автоматизации процессов, написанных для зарубежного ПО, на современное отечественное ПО.

Для того чтобы рассмотреть адаптацию инструментов визуального программирования, необходимо предметно разобрать чем является визуальное программирование, а также какие возможности оно предоставляет проектировщикам.

Корнями визуальное программирование уходит в идею функционального моделирования IDEF0 [1]. Визуальное программирование является способом создания программы для электронно-вычислительной машины, путем манипулирования графическими объектами вместо написания текстового кода. Как правило, основным графическим интерфейсом в среде визуального программирования выступает узел (англ. node) [2]. Данный узел представляет собой некий блок, выполняющий определенный метод или функцию, заложенную в него. Нод имеет поля ввода и вывода, где поля ввода выступают аргументами заложенной в нод функции, а поле вывода возвращает значение функции. Комбинация из различных узлов образует сценарий (англ. script) дальнейшей работы программы [2].

Данные сценарии имеют схожий функционал с аналогами, разработанными при помощи классического программирования, хоть и уступают им в скорости работы.

Рассмотрим возможности применения визуального программирования в строительной отрасли. На данный момент визуальное программирование активно применяется в как в системах информационного моделирования, так и в программах, предназначенных для управления данными. Средства визуального программирования позволяют пользователям не только автоматизировать рутинные задачи, но и создавать сложную геометрию. Одной из особенностей визуального программирования является задание модели здания определенных параметров, изменяя которые, возможно кординально влиять на внешний и внутренний облик здания.

На сегодняшний день в передовых компаниях отрасли, визуальное программирование занимает далеко не последнее место.

Современные проектировщики при помощи инструментов визуального программирования научились автоматизировать такие процессы как: выдача заданий на отверстия под коммуникации, моделирование отделки помещений, моделирование армирования и так далее, а также создавать

сверхсложные геометрические формы: математически описанные поверхности фасадов и интерьеров, или отдельных элементов модели [3].

В современной практике передовыми средствами визуального программирования в основном выступают программы GrassHopper [4] и Dynamo [5]. До ухода зарубежных производителей ПО российские проектировщики активно применяли их совместно с зарубежными программами, однако после ухода это стало затруднительно.

В качестве решения данной проблемы, как уже было выше сказано, может выступать адаптация инструментов визуального программирования по отечественное программное обеспечение.

В качестве примера, рассмотрим возможность использования среды визуального программирования Autodesk Dynamo вместе со средой информационного моделирования «Renga Professional». Адаптация инструментов визуального программирования будет происходить в два этапа:

Первый этап. Для адаптации инструментов визуального программирования необходимо установить возможность связи Autodesk Dynamo с «Renga Professional». Данные об увязки программ можно получить как у производителя «Renga Professional», так и при помощи опыта энтузиастов, который размещен в общем доступе.

В результате обработки полученной информации должен появиться инструмент визуального программирования, позволяющий в режиме реального времени получать данные из информационной модели, а также обеспечивать передачу преобразованных данных обратно в модель.

Второй этап. Обеспечив связь информационной модели со средой визуального программирования, необходимо выявить и, по возможности, устранить недостатки, обнаруженные при анализе решений энтузиастов. Устранением недостатков может выступать, как создание новых, недостающих инструментов визуального программирования, так и внесение изменений и преобразование готовых энтузиастов. Ключевой задачей на этом этапе будет создание привычных и удобных, с точки зрения интерфейса, инструментов визуального программирования, так как, если разрабатывать новые интерфейсы для данных инструментов, то проектировщику необходимо будет привыкать к новому формату работы, что скажется на эффективности применения визуального программирования.

Третий этап. На данном этапе предполагается производить формирование программ, автоматизирующих процессы проектирования, при помощи разработанных инструментов визуального программирования. В ходе создания данных программ, необходимо отследить и выявить возможные ошибки в работе инструментов визуального программирования. При обнаружении ошибки необходимо произвести отладку соответствующего инструмента визуального программирования.

Результаты

В результате произведенной работы, сформируется готовая библиотека инструментов визуального программирования для программы Autodesk Dynamo, при помощи которой разработчик, ранее сталкивавшийся с Dynamo, будет способен автоматизировать процессы проектирования и/или моделирования в программном комплексе «Renga Professional».

По мере прекращения работы зарубежного программного обеспечения для информационного моделирования на территории России, развитие использования технологии визуального программирования может снизить свои темпы, что, соответственно, скажется на скорости разработки информационных моделей или их частей.

Главной идеей адаптации инструментов визуального программирования, в свою очередь, является предотвращение данного замедления развития, путем предоставления проектировщикам знакомых инструментов, используя которые они продолжают внедрение визуального программирования в отечественные системы информационного моделирования, а не в зарубежные.

Помимо этого, развитие данной темы может стимулировать самих отечественных разработчиков программного обеспечения к внедрению инструментов визуального программирования в базовый пакет их продуктов, что, в свою очередь, закрепит полученный ранее результат по борьбе с замедлением развития визуального программирования в строительстве.

Библиографический список

1. *Киселев Д.Ю., Киселев Ю.В., Вавилин А.В.* Функциональное моделирование на базе стандарта IDEF0 //Самара: Издательство СГАУ. 2014. С. 3-5.
2. *Смакаев Р.М., Низина Т.А.* Применение среды визуального программирования Dynamo при разработке проекта здания в Autodesk Revit //Основы экономики, управления и права. 2020. № 2 (21). С. 1. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42776605> (дата обращения: 20.02.2024)
3. *Алиев Э.К., Хоканин М.А., Черяшов Э.А., Гафитулин Р.Р., Гареева Г.А.* Внедрение Dynamo в Revit //Научно-технический вестник поволжья. 2023. № 6. С. 1. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54034647> (дата обращения: 20.02.2024)
4. *Авраменко Е.П., Гладских А.А.* Применение алгоритмического моделирования в архитектурной деятельности на примере программы Grasshopper //Новые вызовы – новые исследования. 2023. С. 195-197. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50153825> (дата обращения: 20.02.2024)
5. *Шишина Д., Сергеев Ф.* Revit Dynamo: Designing objects of complex forms. Toolkit and process automation features //Architecture and engineering. 2019. № 4(3). С. 32-36. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40804988> (дата обращения: 20.02.2024)

Великотный Никита Сергеевич,
студент магистратуры 2 курса 6 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Л.А. Адамцевич

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ АДДИТИВНОМ СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Введение

История развития строительной отрасли насчитывает более пяти тысяч лет, однако прорывные технологии появились только в последние 100 лет. Так, технический прогресс привел к механизации строительства к концу XIX века: активно стали использоваться подъемные краны, автоматические копры для забивки свай, а также железные дороги для транспортировки строительных материалов, что привело не только к снижению сроков строительства, но и стоимости возводимых зданий.

Именно в этот период, активно начинает использоваться такой материал, как железобетон, что стало прорывом в строительной отрасли, с точки зрения возможности возведения объектов капитального строительства новой формы, невозможной ранее.

Сегодня мы стоим у истоков совершенно новой строительной технологии, такой как аддитивное строительное производство.

Создание изделий путем поэтапного добавления материала на основу носит название аддитивное производство, от латинского слова *additivus* – «прибавляемый».

Аддитивные технологии относятся к технологиям Индустрии 4.0 и являются одним из важных элементов цифровой трансформации строительной отрасли [1-4,6,7], в рамках которой активное развитие получила 3D строительная печать.

История развития аддитивных технологий

Как было указано ранее, аддитивные технологии – это методы производства, при которых изделия создаются путем постепенного нанесения материала слой за слоем, а самым распространенным примером является 3D-печать.

Вместе с тем упоминание технология 3D-печати встречается во многих фантастических книгах прошлого века.

В 1945 году американский писатель Мюррей Лейнстер опубликовал рассказ «Вещи проходят мимо» -«*Things Pass By*», в котором встречается подробное описание 3D-принтера.

В 1971 году Йоханнес Готтвальд запатентовал «прибор — самописец жидким металлом», на основе технологии струйной печати.

Однако подходящих для изготовления такой машины материалов на тот момент не было.

В 1980-х годах японский изобретатель Хидео подал патент на «устройство для быстрого прототипирования» с помощью лазера, однако заявку не приняли.

И лишь в конце 1984 года изобретатель Чарльз Халла подал патент на систему стереолитографии, которую и внедрил в жизнь.

Именно Ч. Халл считается «отцом» современной 3D-печати, который в 1988 году выпустил первый коммерческий 3D-принтер и основал компанию 3D Systems.

Будущее аддитивного строительного производства

Вместе с тем, исследования в области аддитивного строительного производства можно условно разделить на несколько групп: материалы и их свойства, технологии и оборудование, устойчивое строительство с применением аддитивного строительного производства [3].

Первым направлением, включая разработку нормативно-правового обеспечения, активно занимаются сотрудники НИИ Строительных материалов и технологий НИУ МГСУ.

В части оборудования и технологий на рынке представлено достаточно много предложений, начиная с порталных 3D-принтеров, которые могут напечатать здание как целиком, так и по частям, заканчивая роботизированными принтерами, представляющие собой робота или систему роботов, оснащенного экструдерами и управляемого компьютером.

Исследования в области применения аддитивного строительного производства для обеспечения устойчивого строительства пока все еще ведутся [5].

Вместе с тем комплексное применение технологий Индустрии 4.0 может привести синергетический эффект в строительную отрасль.

И, если рассматривать общемировые тенденции в развитии технологий, то наиболее активное применение в условиях цифровой трансформации получил искусственный интеллект (ИИ).

И несмотря на то, что строительная отрасль одна из самых консервативных отраслей экономики, ИИ уже применяется в решении таких прикладных задач, как мониторинг хода строительства (обработка фото- и видеоданных с дронов), учёт рабочей силы на площадке, контроль перемещения персонала и материалов, соблюдение техники безопасности.

Таким образом, перспективным видится направление применения ИИ для обеспечения контроля качества при аддитивном строительном производстве.

На рисунке 1 представлена укрупненная блок-схема дальнейших исследований для обеспечения контроля качества при аддитивном строительном производстве.



Рисунок 1 - Блок-схема для обеспечения контроля качества при аддитивном строительном производстве

Заключение

В рамках проведенного исследования определено, что применения ИИ для обеспечения контроля качества при аддитивном строительном производстве является актуальной задачей, где ключевыми являются следующие этапы, представленные на рисунке 2.



Рисунок 2 - Этапы применения ИИ для обеспечения контроля качества конструкций

Библиографический список

1. *Адамцевич Л.А., Гинзбург Е.А., Шилов Л.А.* Строительство 4.0//Жилищное строительство.2023. №11. С.18-23
2. *Пустовгар А.П., Адамцевич Л.А., Адамцевич А.О.* Международный опыт исследований в области аддитивного строительного производства //Жилищное строительство.2023. №11.С.4-10
3. *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.
4. *Адамцевич А.О., Пустовгар А.П.* Аддитивное строительное производство: исследование эффекта анизотропии прочностных характеристик бетона// Строительные материалы. 2022. № 9. С. 18-24.
5. *Аверина Г.Ф., Кошелев В.А., Орлов А.А.* Экологически эффективные материалы для аддитивных технологий в строительстве//Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2023. № 1 (49). С. 5-15.
6. *Зленко М.А.* Аддитивные технологии в машиностроении / *М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш* // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.
7. *Мустафин Н.Ш., Барышников А.А.* Новейшие технологии в строительстве. 3D принтер // Региональное развитие: электронный научно-практический журнал. 2015. № 8(12).

Ветюгова Кристина Олеговна, студентка 4 курса 3 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук **Н.В. Князева**

СОЗДАНИЕ И НАСТРОЙКА РОЛЕЙ УЧАСТНИКОВ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ

На каждом этапе жизненного цикла объекта капитального строительства взаимодействует между собой огромное количество контрагентов. Все отношения и взаимосвязи между ними регламентируются договорами, которые, в свою очередь, обязуют участников к осуществлению непрерывной передачи информации между друг другом.

Один из наиболее важных этапов жизненного цикла – непосредственно строительное производство. Он же является самым сложным процессом. Количество информационных потоков на этапе строительства стремительно возрастает, по сравнению с этапом проектирования, а вот скорость передачи существенно снижается [1]. На основе получаемой информации в строительном производстве принимаются как локальные управленческие решения в масштабах компании заказчика, так и глобальные в масштабах всего жизненного цикла объекта. Следовательно, для обеспечения оперативности принятия решений и сокращения длительности этого процесса необходимо автоматизировать движение информации между участниками строительного производства.

Внедрение системы управления проектами значительно повышает эффективность хода реализации строительной продукции. К преимуществам данного инструмента можно отнести следующие пункты: организованное хранение информации по графикам производства работ, ресурсам и затратам, обеспечение контроля выполнения работ по проекту, возможность автоматизированного формирования отчетной документации и графических диаграмм, возможность упорядочивания и регулирования процедур управления, формирование архива проекта и аккумуляирование сведений, полученных в процессе его воплощения, а также возможность проведения быстрого анализа влияния возникающих изменений на план проекта [2].

Самым удобным и гибким вариантом реализации системы управления является web-ориентированное приложение, которое представляет собой программу с клиент-серверной архитектурой. Клиентскую часть в данном случае реализует браузер, осуществляющий диалог с пользователем и отображающий информацию, а серверную часть – веб-сервер, который реализуют основную логику системы [3]. Данное решение имеет значительные преимущества по сравнению с другими. Во-первых, web-ориентированное приложение априори является портативным. Это означает, что для его использования не требуется установка и активация, а

воспользоваться функционалом можно как с мобильного устройства, так и с компьютера. Во-вторых, затраты на разработку web-ориентированной программы не так высоки. В-третьих, обновление web-ориентированной системы происходит гораздо проще: нет необходимости выпуска новых версий для каждой платформы. Тем самым, данный подход является самым оптимальным в рамках осуществляемой задачи.

В любой коммерческой организации специалисты наделены различными управленческими полномочиями в целях структурирования и регламентирования контрольных механизмов компании. Так и в информационной системе управления проектами необходимо организовать определенное распределение возможностей.

Здесь обращаются к такому понятию, как ролевая модель управления доступом пользователей. Она позволяет определить различные типы пользователей (роли), каждый из которых имеет свой набор прав и обязанностей в системе. В информационной системе управления проектами данная модель играет ключевую роль, так как обеспечивает безопасность, контроль доступа и управление ресурсами [4].

Также к причинам необходимости использования данного инструмента можно отнести гибкость, масштабируемость и простоту управления. Ролевая модель позволяет гибко настраивать права пользователей в зависимости от их обязанностей и уровня доступа к системе. Это обеспечивает адаптивность информационного комплекса к изменяющимся требованиям и условиям работы. Масштабируемость модели подразумевает добавление новых ролей и изменение их прав доступа, не затрагивая работу остальных. А простота управления достигается путем возможности изменения прав и обязанностей пользователей внутри роли без необходимости изменения настроек каждого пользователя в индивидуальном порядке.

Существует несколько подходов построения ролевой модели в информационной системе. В первом подходе роли разрабатываются на основании функциональной модели деятельности строительной компании. Данный способ является оптимальным в случаях, когда вводится в эксплуатацию новая система и ролевые модели формируются с нуля. В ситуациях же, когда система уже эксплуатируется и возникает необходимость исследования сложившегося управленческого беспорядка, применяют второй подход. Здесь роли формируются из действующих прав, уже предоставленных сотрудникам. Так как разрабатываемая система управления проектами внедряется в абстрактную организацию и основывается лишь на типовых функциональных процессах и базовом наборе участников в строительном производстве, то в моем случае будет использоваться первый подход построения ролевой модели. Построение ролевой модели для строительного производства стоит начинать с анализа существующих ролей. В качестве них я использовала типовых участников команды проекта. Состав команды определен в ГОСТ Р 57363-2023 «Управление проектом в строительстве. Деятельность управляющего

проектом». Одну и ту же роль в разных компаниях могут выполнять лица, находящиеся на разных должностях. Тем самым на рисунке 1 можно увидеть фрагмент составленной ролевой матрицы. Помимо цветного маркера в матрицах используются и символы обозначения, которые также определяют уровень доступа к информационной системе.

Так в моем примере зеленый маркер обозначает автоматическое предоставление прав соответствующей роли при назначении на должность. А зеленый маркер с символом «R» (request – от англ. «запрос») означает получение роли по отдельному запросу.

Организация (Сторона)	Отдел	Должность	Роли							
			Руководитель по проектированию	Руководитель по строительству	Руководитель по согласованию	Руководитель по ТИИ	Руководитель по финансовым вопросам	Руководитель по закупкам поставкам	Координатор по планированию	Координатор по договорно-правовым вопросам
Технический персонал										
Технический персонал	Отдел закупок	Менеджер по закупкам								
Технический персонал	Отдел логистики	Менеджер по поставкам								
Технический персонал	Финансовый отдел	Главный бухгалтер								
Технический персонал	Технический отдел	Руководитель по строительству								
Технический персонал	Проектный отдел	Руководитель по проектированию								
Административный персонал										
Генеральный подполковник	Производственно-технический отдел	Специалист по планированию								
Генеральный подполковник	Производственно-технический отдел	Главный инженер								
Генеральный подполковник	Производственно-технический отдел	Руководитель по технике безопасности								
Генеральный подполковник	Финансовый отдел	Главный экономист								
Генеральный подполковник	Юридико-договорной отдел	Менеджер по значимым договорным вопросам								

Рисунок 1 – Фрагмент составленной ролевой матрицы

Перед внедрением ролевой модели управления доступом разрабатывают также справочники ролей и матрицы SOD-конфликтов. Справочник ролей показывает их наполнение отдельными правами и полномочиями.

Здесь по вертикали расписываются наименования полномочий, а по горизонтали – указываются роли.

На пересечении полномочия и роли, в которую оно входит, устанавливается маркер.

Матрицы SOD-конфликтов отражают возможность сочетания ролей. Данная матрица является квадратной: и по вертикали, и по горизонтали обозначаются роли. Соответственно, главную диагональ матрицы не заполняют.

Внедрение ролевой модели непосредственно в систему управления проектами осуществляется за счет программного обеспечения.

Как уже договорились ранее, система будет представлять из себя веб-ориентированное приложение.

Соответственно, для реализации этой технологии я буду использовать веб-фреймворк Flask. Flask — это упрощенная платформа Python для веб-приложений, которая обеспечивает основные возможности маршрутизации URL-адресов и визуализации страниц. Flask является составной частью программного обеспечения сервера, на который приходит запрос от клиента.

На рисунке 2 можно увидеть структуру сервера и расположение фреймворка по отношению к нему. Flask является микро-платформой [5].

Он не предоставляет напрямую такие функции, как абстракция баз данных или проверка подлинности. Данные функции предоставляются специальными пакетами Python, иначе расширениями Flask.

Так непосредственно для программной реализации базы данных, которая будет хранить информацию о ролях и пользователях является расширение SQLAlchemy, а для реализации пользовательского доступа, контроля процессов авторизации и аутентификации используется расширение Flask-Login.

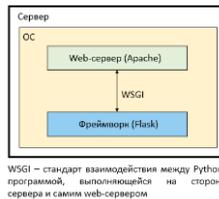


Рисунок 2 - Отражение расположения фреймворка Flask в структуре сервера

Использование ролевой модели в системе управления проектами повышает уровень информационной безопасности, так как доступ становится более прозрачным, управляемым и контролируемым. Кроме того, при таком подходе есть возможность предоставления одинаковых прав многим сотрудникам, быстрого изменения прав для сотрудников одной должности, а также построения иерархии ролей и установления правил наследования полномочий.

Однако, создание и внедрение ролевой модели на начальном этапе реализации системы управления проектами недостаточно. Необходимо также обеспечить возможность ее дальнейшей поддержки, развития, обновления и масштабирования.

Библиографический список

1. Мазур И.И., Шапиро В. Д. Управление проектами: учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности «Менеджмент организации» [Электронный ресурс] URL: <http://sh18.ru/wp-content/uploads/2017/11/Upravlenie-proektami.pdf> (дата обращения: 16.02.2024).
2. Боронина, Л. Н. Основы управления проектами: [учеб. пособие] / [Электронный ресурс] URL: <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/30881/1/978-5-7996-1416-4.pdf> (дата обращения: 18.02.2024).
3. Сысолетин, Е.Г. Проектирование интернет-приложений: учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс] URL: <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/34785/1/978-5-7996-1503-1.pdf> (дата обращения: 19.02.2024).
4. Вострецова, Е.В. Основы информационной безопасности: учебное пособие для студентов вузов URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/73899/3/978-5-7996-2677-8_2019.pdf (дата обращения: 21.02.2024).
5. Документация на Flask (русский перевод)/Выпуск 0.10.1 [Электронный ресурс] URL: <https://buildmedia.readthedocs.org/pdf> (дата обращения: 17.02.2024).

*Гапошко Павел Геннадьевич, студент 4 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Е.В. Игнатова*

АНАЛИЗ ОБЪЁМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ТЕРРИТОРИЙ МАЛЫХ ГАБАРИТОВ

По данным Росстата, за первую половину 2023 года доля ИЖС составила 58% от общего объёма вводимого в эксплуатацию жилья. В переводе – это 52,1 млн. кв. м. Действительно, вследствие многоплановой работы городского управления по расширению городских территорий, созданию и развитию транспортной инфраструктуры в черте города и за его пределами и регулярному обновлению технической составляющей общественного транспорта дальнего следования, население всё чаще начинает выбирать частный дом в угоду многоквартирному аналогу [1].

Частный дом и квартира имеют различия со стороны обладателя практически на всех стадиях контакта: от организации строительных работ до опыта эксплуатации недвижимости. Так же, для этих видов жилья предусмотрены разные законодательные базы, регулирующие права использования и права ведения строительства на этих территориях. Но вместе с этим оба варианта являются объектами частной собственности и выполняют одинаковую функцию – организацию места проживания собственников. Несмотря на это, данные объекты подчиняются совершенно разным законам рыночной системы.

Цель исследования – выявить особенности индивидуального жилищного строительства, которые влияют на организацию объемно-планировочных решений территорий.

Анализируя предложения от застройщиков, можно сделать вывод, что разница при покупке квартиры с отделкой и без составляет, в среднем, 15 тыс. рублей за метр квадратный. В общей сложности это 7% от стоимости жилья. Данный процент в дальнейшем закладывается в оценочную стоимость самого объекта и является фактором роста цены для частной собственности. В ИЖС, ситуация обстоит иным образом. Подавляющее большинство собственников строят дом самостоятельно, имея в исходных данных только земельный участок. Цена земельного участка одного коттеджного посёлка составляет 2,8 млн. рублей. Цена за земельный участок того же посёлка, но с готовым сооружением в свою же очередь составляет 9,9 млн. рублей. Из этого можно сделать вывод, что готовое сооружение добавляет к стоимости участка ориентировочно 71%. Он варьируется от стоимости самого дома и положения участка, но в любом случае показывает, что основную ценность участка составляют сооружения, находящиеся на нём. Отсюда можно сделать вывод, что при продаже, основную стоимость будет иметь не сама площадь, в отличие от квартиры, а

проводящиеся на нём ремонтно-строительные работы. И именно эту область многие собственники недооценивают [2].

В обозримом будущем при данных тенденциях роста настанет момент, когда количество свободных земельных участков под ИЖС будет стримиться к дефициту и основную часть предложений на рынке частной собственности будут составлять участки с готовыми сооружениями. В этот момент всплывет ещё один отличительный фактор квартирного формата от индивидуального дома – если, как мы говорили ранее, основная часть цены квартиры находится в её площади, цена на земельный участок в основном зависит от построек, находящихся на нём. Поэтому, если собственник хочет сохранить свои вложения или приумножить их, он должен следить за тем, чтобы его сооружения сохраняли ликвидность при продаже, ведь в противном случае, его застройка будет рассматриваться, как демонтируемые объекты, который отрицательно повлияют на стоимость недвижимости.

Самое начало строительных работ начинается с разработки объёмно-планировочных решений. На этой стадии закладываются основные технологии, которые будут воплощаться в жизнь. Правильная планировка земельного участка является не только начальной точкой комфортного проживания на данной территории, но и гарантом ликвидности земельного участка в дальнейшем на рынке вторичной недвижимости и, как следствия, сохранения или преумножения капитала владельца в будущем. По данным площадок, предоставляющих открытый доступ к актуальным объявлениям по продаже земельных участков, можно выяснить, что на данный момент самая популярная площадь для земельных участков, направленных на ИЖС, составляет 6 соток, что по сравнению с другими предложениями, расценивается, как малогабаритная. Проанализируем одни из самых распространённых ошибок, допускаемых при формировании объёмно-планировочных решений на примере малогабаритных участков [2].

Как говорилось ранее, строительство частного дома сопровождается законодательной базой, регулирующей положение построек, допустимых к возведению на самом участке. В их основу легли нормы пожарной безопасности, которые нормируют расстояния, минимизирующие ущерб в случае возникновения пожара на одном из объектов и распространения пожара на другие строения и соседские владения, опираясь на материал самого сооружения и санитарные нормы, регулирующие допустимое расположение построек по отношению к соседским сооружениям. Это СП 4.13130.2013 и СНиП 30-02-97.

По данным документам, противопожарные разрывы между строениями зависят от используемых строительных материалов и степени их огнестойкости.

Так отступ от границы соседнего участка должен быть не менее: 6 м – для объектов из камня; 8 м – для объектов из бетона; 10 м – объекты из плохо воспламеняемых материалов, включая армированный бетон.

При условии, если перекрытия в таких домах выполнены из дерева, к указанным показателям добавляют по 2 метра.

Санитарные нормы так же регламентируют требования, устанавливающие допустимые расстояния в отношении расположения объектов и их минимального удаления от границы с соседними территориями: от жилого дома – 3 м; от хозяйственных построек – 1 м; для насаждений: высокие деревья – 4 м, средние – 2 м, низкие деревья и кустарники – 1 м.

Та же предусмотрены соответствующие последствия в случае нарушения данных предписаний. Если при составлении планировочного решения земельного участка были нарушены соответствующие правила, ответственность ложится на владельца земельного участка. Последствием нарушенных норм может стать требования демонтировать нарушающую нормы застройку, в противном случае, владельца ждут соответствующие право наказания: от административной ответственности, до изъятия собственности через суд. Но последнее наступает в особых случаях, когда были нарушены особо охраняемые зоны. Так же, нарушения норм могут сопровождаться осложнениями в регистрации недвижимости и, как следствия, проблемами с регистрацией собственника в данной недвижимости. Нарушения данных норм не редки и могут привести к убыткам от 50 тыс. рублей в случаи штрафа и до десятков млн рублей в случае демонтажа территории. Данные последствия значительно снижают ликвидность недвижимости и, как следствие, приводят к серьёзным убыткам владельца. Решать данные проблемы следует на этапе составления объёмно-планировочного решения.

Следующим по распространённости ошибок в составлении плана участка является игнорирование особенностей ландшафта при размещении строительных сооружений. Особую роль при возведении любого объекта строительства играет фундамент. Несмотря на прочность и упругость, его свойства, как несущей конструкции могут быть нарушены при контакте с водой. Вода при достаточных количествах, способствует эрозии почвы, проникая под фундамент и вымывая её. Во избежание подобных последствий применяются следующие средства: установка отмостки по периметру цоколя, установка гидроизолирующего покрытия и дренажных систем. Применение этих средств обезопасит строение [3]. Но что будет, если допустить ошибку в создании планировочного решения участка и расположить строение на нижней точке участка при перепаде возвышенностей? Вода при обильном поступлении со ската возвышенности создаёт карман, вымывающий основание фундамента и, как следствие, приводит к деформации фундамента, и ведёт к планомерному разрушению всего сооружения (рисунок 1). Ремонт и поддержание функциональности постройки в этом случае требует постоянного внимания и привлечения дополнительных средств, которые, помимо высокой цены, забирают время и комфорт владельца дома. Таким образом, ошибка в формировании объёмно-

планировочного решения участка влечет за собой не только регулярные материальные затраты, но и снижает оценочную стоимость недвижимости.

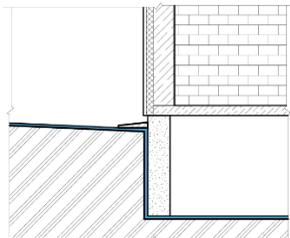


Рисунок 1 - Карман, вымывающий основание фундамента

Следующий аспект, на который стоит обратить внимание всем желающим создать эргономичную зону жительство, которая не только будет принести удобство в процессе эксплуатации, но и станет выгодной инвестицией – это оптимальное использование площади земельного участка. Следовательно постройки должны располагаться эргономично по земельному участку, чтобы в будущем повысить спрос на данную недвижимость. Для этого нужно учесть основу зонирования территории – постройки располагаются по краям участка, кроме дома, который ставится в зависимости от рельефа [4,5].

В заключение хочется сказать, что частный дом является таким же объектом инвестирования, как и квартира. Отличие в том, что квартира – объект гарантирования сохранения инвестиций, а в случае собственного дома сохранения его рыночной стоимости ложится на плечи владельца данного вида недвижимости. Поэтому очень важно уделять должное внимание объёмно-планировочным решениям своего участка.

Библиографический список

1. Аналитика доли ИЖС в общем объёме жилья РФ // URL: <https://bryansk.cian.ru/stati-dolja-izhs-v-obschem> (дата обращения: 24.02.2024).
2. Циан [Электронный ресурс] URL: <https://www.cian.ru/> (дата обращения: 24.02.2024).
3. Мельниченко М.С. Современные способы гидроизоляции подземных конструкций// Под ред. Ильичёв В. А. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-sposoby-gidroizolyatsii-podzemnyh-konstruktsiy/viewer> (дата обращения: 24.02.2024).
4. Нойферт П. Проектирование и строительство. Дом, квартира, сад. С. 172-212.
5. Арапиев М.Б. Жилой дом и природное окружение. В сборнике: Актуальные вопросы современной науки и образования. Пенза, 2022. С. 237-239.

Голубева Мария Юрьевна

студентка магистратуры 2 курса 6 группы ИЦТМС

Научный руководитель –

доц., канд. техн. наук, доц. **Е.Х. Китайцева**

ДОКУМЕНТАЦИИ: МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРАКТИКА, РОССИЙСКИЕ РЕАЛИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Строительство, являясь крупным сегментом человеческой деятельности, с самых давних времен нуждалось в нормировании и регулировании. Очевидно, что строительный комплекс состоит из многочисленных сложных процессов, которые в свою очередь нуждаются, хоть и во взаимосвязанном, но вместе с этим индивидуальном нормировании и регламентировании.

Обусловлено многообразие строительных норм не только объемом и сложностью самих процессов, но ещё и необходимостью соответствия строительных проектов различным требованиям и ограничениям (см. рис. 1).

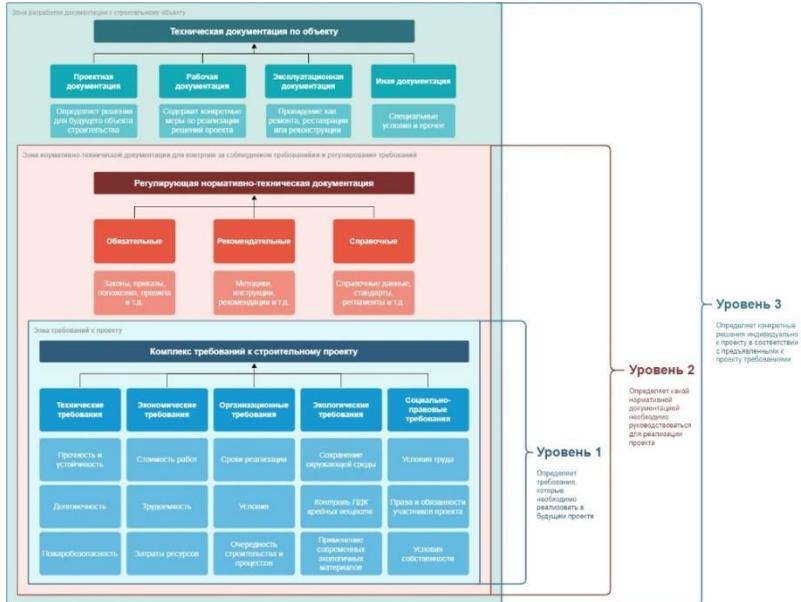


Рисунок 1 - Структура формирования и контроля за соблюдением требований к строительному проекту

Поскольку отрасль не стоит на месте, появляется всё больше нормативной информации. Происходит это с учётом появления новых материалов, технологий и методик, а также при потребности отрасли во введении новых нормативных документов, регулирующих принципиально

иные аспекты строительного процесса. В среднем российская система нормативных документов в строительстве корректируется не реже одного раза за интервал в пять лет.

Также стоит учитывать, что нормативные документы могут носить отличный по обязательности применения характер, они могут быть обязательными, рекомендательными или справочными. Обычно нормы излагаются в различных законах, приказах, нормативных актах, положениях, правилах или инструкциях, методиках, расценках и в прочих формах. Отсюда появляется проблематика неоднородности формы представления информации, заложенной в документах.

В результате текущая система нормативной строительной информации в нашей стране очень разнообразна и неоднородна. Неоднородность и большие объёмы сложной технической информации, которая нередко может конфликтовать между собой, могут привести к возникновению разночтений, ошибок или банальному увеличению времени на анализ и последующее применение информации, содержащейся в документах.

Эффективность управления процессом применения нормативной информации в значительной степени зависит от качества информационного обеспечения, требующего постоянного обновления, актуализации и внедрения инноваций, отражающих последние достижения в различных сферах строительства, науки и техники.

При рассмотрении опыта иностранных коллег в вопросе нормативного обеспечения строительных процессов можно выделить несколько интересных аспектов [3-6].

В Европе примером формализации нормативно-технической информации в строительстве служит взаимосвязанная единая система классификации строительных продуктов CPR (Construction Products Regulation) и внедрение классификации в стандарты CALS (Continuous Acquisition and Lifecycle Support).

Поскольку любому материалу или изделию соответствует свой уникальный код, взаимосвязанный со стандартом применения для конкретных целей, непрерывность информационной поддержки жизненного цикла строительной продукции в таком случае обеспечивается едиными европейскими стандартами для всей продукции в этой области.

Процесс обновления стандартов происходит одновременно для всех, что позволяет обеспечить соответствие продукции определенным требованиям безопасности и качества, а также правилам применения изделий и конструкций в конкретных проектных решениях на всей территории Европейского союза.

В Азии Япония выделяется своим опытом в области строгих норм безопасности в строительстве, поскольку большая часть территории подвержена землетрясениям. Строительство в таких специфических регионах требует применения инновационных технологий, поэтому в Японии реализована база строительных норм, например, базы данных о

землетрясениях. Детализированный ввод данных в систему позволяет сопоставить информацию из базы для определения строительных стандартов и дальнейшего проектирования зданий и сооружений, обеспечивая их устойчивость к сейсмическим воздействиям.

В Сингапуре активно используют цифровые технологии в строительной сфере, такие как BIM (Building Information Modeling). Примечателен сингапурский опыт тем, что детальная проработка цифровых информационных моделей и наличие единых по своей структуре и представлению данных смарт-стандартов помогло реализовать процесс нормативных проверок документации по проекту, получаемой автоматически из модели. Такой подход способствует эффективному управлению проектами и обмену нормативно-технической информацией между участниками строительного процесса.

Российские регулирующие органы также занимаются вопросами формализации нормативно-технической информации. Минстрой России формирует библиотеку XML-схем для формирования электронных документов в формате XML. Такая форма представления данных открывает возможность обработки документов автоматически информационными системами, поскольку формат данных является машиночитаемым.

На текущий момент большинство документов, относящихся к 3-му уровню (см. рис.1) реализованы в виде XML-схем, но не реализован 2-й - уровень нормативной документации.

В соответствии с [7] одним из основных направлений является внедрение и развитие информационных технологий разработки (актуализации) документов по стандартизации. Разрабатывается проект SMART-стандартов, которые являются объектами информационных систем и представляет собой контейнеры структурированных и неструктурированных данных, полученных в результате обработки автоматизированными средствами.

На данном этапе представлены основные положения таких стандартов без реализованных примеров ввиду сложности создания единой формы считывания объектов и требований из положений нормативных документов. Перспектива создания подобной формы может быть обусловлена созданием:

- единой классификации и соответствующей каждому классу документа структуры, что вызовет большой объем трудоёмкой работы по приведению всех существующих стандартов к требуемому виду;

- дополнительных инструментов для обеспечения формализации существующей информации, например, такие как применения электронных баз данных (БД) для решения различных задач.

В контексте формализации нормативной информации, использование фактографических баз данных может значительно облегчить процесс сбора и хранения нормативных данных. Внутри фактографической базы данных каждый факт представляет собой конкретное событие или состояние, а атрибуты факта описывают его характеристики.

Такие базы данных также могут быть интегрированы с системами управления проектами и автоматизированными инструментами, что обеспечит более эффективное управление процессом формализации нормативной информации и минимизацию рисков, связанных с несоблюдением актуальных стандартов.

Подводя итоги, в ходе анализа зарубежных и международных комплексов нормирования и формализации нормативной информации в области проектирования было выявлено, что существуют наглядные различия с отечественными нормами в нескольких ключевых аспектах. В связи с этим невозможно прямое заимствование отдельных методов формализации для внедрения и эксплуатации подобных систем с использованием отечественной нормативной базы.

Требуется проведение специальных работ, включая дополнительные исследования, возможное приведение и адаптацию положений нормативных документов к унифицированной структуре или введение дополнительных инструментов для обеспечения формализации такой информации.

Библиографический список

1. *Ташибеков Т.Ч.* К вопросу о необходимости формирования современной информационной системы технических нормативов в строительной отрасли // Электронный научный журнал «Век качества». 2017. №2. С. 84-99. [Электронный ресурс][URL:http://www.agequal.ru/pdf/2017/217006.pdf](http://www.agequal.ru/pdf/2017/217006.pdf) (дата обращения: 06.02.2024).
2. *Белинская М.А., Тилева Е.А.* Фактографические базы данных в обеспечении сохранности фондов // Петербургская библиотечная школа. - 2017. -№ 3 С. 89-94.
3. *Сормунен П.* Энергоэффективность зданий. Ситуация в Финляндии // Инженерно-строительный журнал. - 2010. -№ 1. - С. 7-8.
4. *Талапов, В.* Внедрение BIM в Сингапуре: впечатляющий опыт [Электронный ресурс] / Журнал «САПР и графика». – 2016. – №1. – URL: <https://sapr.ru/article/25120> (дата обращения: 06.02.2024).
5. *Xiaorui Xue, Jiansong Zhang.* Regulatory information transformation ruleset expansion to support automated building code compliance checking // Automation in Construction – Volume 138, June 2022, 104230 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104230> (дата обращения: 07.02.2024).
6. *Simon Fischer, Christian Schranz, Harald Urban, Daniel Pfeiffer.* Automation of escape route analysis for BIM-based building code checking // Automation in Construction – Volume 156, December 2023, 105092 – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105092>(дата обращения: 07.02.2024).
7. План мероприятий ("дорожная карта") развития стандартизации в Российской Федерации на период до 2027 года, утвержденным 15.11.2019 N ДК-П7-9914

Гурджиев Артем Константинович,
студент магистратуры 1 курса 4 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. **А.А. Сиротский**

КОНЦЕПТ ЭЛЕКТРОННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ГРАМОТНОСТИ В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА И НЕДВИЖИМОСТИ

Современные реалии позволяют решать многие проблемы более эффективно и быстро. Благодаря информационным технологиям люди могут получать необходимую им информацию и становиться профессионалами в той или иной сфере, не выходя из дома.

Современные образовательные технологии выступают инструментом для реализации новых теорий в сфере обучения. Направленность их развития имеет тесную связь с идеями гуманизации, обеспечивающими условия для личностной самореализации.

Следует отметить, что понятие «образовательные технологии» выглядит гораздо обширнее в сравнении с термином «технологии обучения», так как включает и фактор воспитания, которое направлено на развитие качеств личности учащихся [1].

Первичные действия по созданию автоматизированной интерактивной онлайн платформы непрерывного развития компетенций в строительной сфере [2]:

1. Оценка целевой аудитории.
2. Определение целей и задач обучения.
3. Определение способов коммерциализации.
4. Обоснование востребованности платформы.
5. Создание образовательного контента

Оценка целевой аудитории

Целевая аудитория – это люди, клиенты, которые стремятся удовлетворить свою потребность или решить проблему при помощи информационно-обучающего продукта или услуги [3].

При оценке целевой аудитории необходимо выяснить и получить ответы на ключевые вопросы: Каковы интересы потенциальных обучающихся? Каков их уровень подготовки? Как они относятся к образованию? Будет ли слушатель учиться с мобильных устройств? Изучая целевую аудиторию, следует обращать внимание на такие параметры как:

- цель обучения;
- возраст;
- гендерное соотношение;
- специализация обучающегося;
- глубина знаний;

- род занятий.

Определение целей и задач обучения

Объектом исследования в данной работе являются люди, которым необходимы знания в строительной сфере.

Цель исследования – создание информационной системы, предлагающей траекторию формирования компетенций в сфере строительства и недвижимости как для широкого круга граждан, так и для узкоспециализированного повышения квалификации специалистов.

Первичной целью является распространение предметных знаний, составляющих основу массовой грамотности, вторичной целью является популяризация предметной области, обмен опытом и профессиональное совершенствование профильных специалистов.

Результатом работы будет автоматизированная интерактивная онлайн платформа непрерывного развития компетенций в строительной сфере.

Определение способов коммерциализации

Данная платформа будет востребована среди студентов строительных вузов, граждан, которые хотят сменить свою профессиональную ориентацию в пользу строительной сферы, а также для клиентов, планирующих строительство частного сооружения.

Мной было проведено исследование в области частного строительства, и было выявлено множество примеров некачественного строительства, связанных с незнанием основ строительной грамотности.

Исходя из этого появилась идея создать некий путеводитель в строительную сферу, где люди смогут повышать свою грамотность в области строительства. Примерами курсов могут быть, например проектирование фундамента, конструкции кровли крыши, технологии возведения здания и т.д.

Что касается решения второстепенной цели создания платформы, а именно создание курсов для повышения квалификации, а также обучения студентов и иных лиц, которые хотят сменить свою профессиональную ориентацию, то здесь также было проведено исследование и выяснилось что почти 70% специалистов не успевают проходить очное обучение по повышению квалификации, а как мы знаем строительная сфере прогрессирует с каждым днем.

Обучаясь на онлайн платформе, специалисты экономят свое время при этом получаю те же знания, что и на очном обучении. Проведенные исследования в учебных заведениях показывают, что многим студентам требуется дополнительное образование в той или иной дисциплине, и на онлайн платформе они также смогут получать это образование в онлайн режиме.

Создание образовательного контента

В начале курса обучающемуся будет предложено прохождение теста для определения текущих знаний по данному курсу. После прохождения начального теста обучающийся получает статус по курсу (beginner, middle,

high) и в зависимости от этого статуса обучающемуся будет предложен тот или иной уровень курса.

Это сделано для того, чтобы обучающийся с высоким уровнем знаний не тратил время на обучение по уже имеющимся у него компетенциям.

Каждый курс будет разбит на блоки, которые в свою очередь будут включать в себя теоретическую часть в текстовом, графическом и видео форматах, также по прохождению каждого блока обучающийся будет проходить тест и решать задания по пройденному блоку.

Если обучающийся не смог пройти текущий контроль по блоку в виде теста и задания, то ему продолжится пройти блок заново, а следующий блок будет заблокирован до момента успешной сдачи тестов и заданий.

Для реализации самой платформы будут использованы языки текстовой разметки html, css а также язык программирования Java Script для Frontend разработки. Для Backend разработки будут использованы языки PHP, Python и SQL для взаимодействия с БД, которая будет спроектирована в СУБД MySQL.

Метод постоянной новизны

Этот метод эффективен, так как платформа также будет использоваться для повышения квалификации работников строительной сферы, а также для обучения новых сотрудников по разным направлениям. Так как строительная сфера всегда растет и развивается, в ней появляются всё новые знания и приемы, то и платформа должна будет соответствовать требованиям, и постоянно обновлять информацию и знания [4].

Достоинства онлайн платформы

Главным достоинством данной платформы является возможность дистанционного обучения по индивидуальной траектории с четкой ориентацией на практические навыки.

При этом нет привязки ко времени: обучающийся может учиться в любое удобное ему время в любой точке мира.

Дистанционное обучение это – возможность реализовать принцип доступности образования для всех; снизить затраты на проведение обучения; проводить обучение большого количества человек; повысить качество обучения; создать единую образовательную среду [5].

Актуальность дистанционного обучения

- обеспечить обучающимся из других регионов возможность получить знания;
- экономия времени;
- учиться, когда удобно и где удобно;
- обучаться, либо изучать отдельные дисциплины на платформе;
- обеспечить обучение по разным курсам и обучать сразу нескольким навыкам на одной платформе.

В заключении хотелось бы сказать, что внедрение подобной системы позволит значительно сократить примеры некачественного индивидуального жилищного и малоэтажного строительства, связанные с

незнанием основ строительной грамотности, а также поможет изучать новейшие методы и технологии в области строительства, что поможет специалистам повышать свою квалификацию, а студентам лучше изучать сферу строительства.

Библиографический список

1. [Электронный ресурс] URL: <https://gb.ru/blog/sovremennye-obrazovatelnye-tehnologii/> (дата обращения: 21.02.2024).
2. *Гамбеева Ю.Н., Сорокина Е.И.* Основные этапы проектирования и создания массовых онлайн-курсов // Мир науки. Педагогика и психология. — Электрон. дан. и прогр. (1,2Мб). — «Волгоградский государственный социально-педагогический университет», Севастополь, Россия— Филиал МГУ в г. Севастополе, 2018. — URL: <https://sev.msu.ru/wp-content/uploads/2019/01/Sbornik-onlajn-obuchenie.pdf> Загл. с титул. экрана. ISBN 978_5_9500360_9_5 (дата обращения: 22.02.2024).
3. *Номейн А.* Анализ целевой аудитории. Как составить портрет целевой аудитории // Издательство Ridero, Москва, 2017. — Загл. с титул. экрана. ISBN 978_5_4485_1848_5 (дата обращения: 22.02.2024).
4. *Куликова Н. Ю.* Образовательная онлайн-платформа как фактор изучения интерактивных технологий обучения в условиях сетевого взаимодействия учебное пособие // Мир науки. Педагогика и психология. — Электрон. дан. и прогр. (1,2Мб). — «Волгоградский государственный социально-педагогический университет», Волгоград, Россия— ФГБОУ ВО 2020. — URL: <https://mir-nauki.com/PDF/26PDMN420.pdf> (дата обращения: 23.02.2024).
5. *Налбандян Л.В., Казак А.Н.* Перспективы онлайн-образования в России // Гуманитарно-педагогическая академия (филиал) «КФУ им. В.И. Вернадского»— Электрон. дан. и прогр. (1,2Мб). — Ялта, Россия: Издательство МИСИ –ФГАОУ ВО, 2018. — URL: <https://sev.msu.ru/wp-content/uploads/2019/01/Sbornik-onlajn-obuchenie.pdf> (дата обращения: 23.02.2024).

*Дубровин Всеволод Александрович, студент 4 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Е.Х. Китайцева*

АВТОМАТИЗАЦИЯ МНОГОВАРИАНТНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

В современной инженерной практике проектирования газоснабжения низкого давления существует значительная проблема в ограниченных возможностях проведения гидравлических расчетов. Большинство существующих программных продуктов, предназначенных для расчёта систем газоснабжения, ориентированы на работу с одной конкретной сетью, что затрудняет эффективное сравнение различных вариантов и оптимизацию систем.

Одним из способов решения данной проблемы является использование методов многовариантных расчетов (МВР). МВР позволяет определить наиболее эффективный или оптимальный вариант расчета различных систем при наличии множества варьируемых параметров [1]. Например, в системе газоснабжения могут варьироваться такие параметры как диаметры участков сети, материала труб, состав газа, количество источников питания (ГРП) и потребителей газа [2].

Практический расчет такого количества вариантов связан с различными проблемами. Во-первых, для реализации многовариантных расчетов необходимы большие трудозатраты в человеческих ресурсах. Во-вторых, огромные денежные и материальные ресурсы при проведении практических расчетов не будут являться экономически обоснованными. В-третьих, этапы проведения МВР требуют множество итераций однотипной работы. В-четвертых, расчеты, проведенные людьми не застрахованы от ошибок, что может привести к ещё большим потерям во времени. Для решения данных задач лучше всего подходит разработка системы автоматизации МВР при помощи ЭВМ.

К сожалению, в современной инженерной практике существует значительная проблема возможностей проведения гидравлических расчетов систем газоснабжения. Небольшое количество программных продуктов на рынке не предоставляют всего функционала, который необходим для реализации МВР в системах газоснабжения, а инструментарий, который существует в этих ПО не предназначен для систематического сравнения различных вариантов систем газоснабжения, что важно для принятия обоснованных решений в проектировании.

В связи с вышесказанным, далее в статье предлагается возможная реализация алгоритма автоматизации МВР систем газоснабжения низкого давления с учетом изменения топологии сети при отключении участков или

потребителей. В общем виде алгоритм можно поделить на три основные части.

Первый этап – подготовительный. Он включает в себя получение и проверку данных о топологии сети, количестве источников и потребителей и их характеристиках – давление на выходе источников и потребление абонентов, о параметрах участков сети - длины, диаметры, типы труб, параметрах среды.

Вторая часть алгоритма отвечает за создание МВР. На этом этапе необходимо использовать данные, полученные из первого этапа для заполнения базовой информации о сети газоснабжения и создания первого варианта топологии. На основе полученных данных решается задача нахождения распределения потоков газа, результатом которой являются давления в узлах сети [3].

Затем, путем отключения/подключения участков или другими изменениями топологии строятся новые модели топологии сети и на их основе проводится гидравлический расчет. Автоматизация МВР заключается в том, что изменения в топологии сети будут производиться программой самостоятельно, на основе исходных данных, полученных на первом этапе.

Для удобства обработки данных исходная топология газовой сети представлена в виде графа, где в качестве узлов будут выступать источники, потребители, тройники, крестовины, а в качестве связей – участки сетисоединяющие объекты [4].

При манипуляциях с топологией сети могут возникнуть ситуации, когда некоторые вершины графа, моделирующие потребителей, окажутся не связанными с множеством вершин – источников. Другой нежелательной ситуацией является вариант, когда граф, содержащий вершины-источники, не включает в себя вершины-потребители. Моделирование сети является возможным при условии, когда в связанном графе, моделирующем сеть, есть хотя бы один источник и хотя бы один потребитель. Пример расчетной схемы сети показан на рисунке 1.

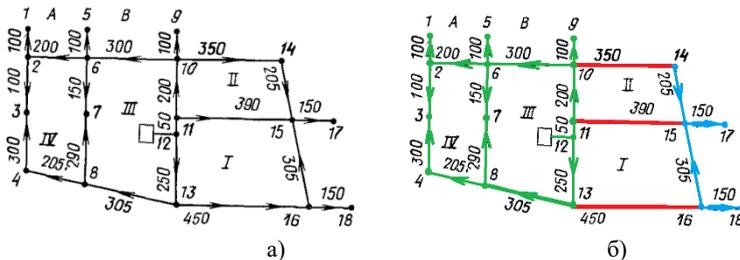


Рисунок 1 - Расчетная схема сети низкого давления:
а) заданная сеть; б) перекрыты участки

Рисунок 1б представляет собой схему расчетной сети, на которой часть участков, выделенных красным, была перекрыта и таким образом у нас образовалось два подграфа – выделенные зеленым и голубым соответственно.

Для корректной работы алгоритма необходимо определить какой же граф является связным. Граф называется связным, если он содержит компоненту связности, то есть можно проложить путь между любой парой вершин данного графа.

Рассмотрим наиболее популярные на данный момент алгоритмы, проверяющие связность графа:

1. Поиск в глубину – алгоритм обхода графа для решения задачи связности. Метод поиска в глубину заключается в том, что обход начинается с изначальной вершины и идет вдоль одной из веток графа пока не дойдёт до конца. Итерации алгоритма происходят рекурсивно, то есть из изначальной вершины алгоритм запускает сам себя, пока не будут достигнуты все вершины.

Если какая-то из вершин не была достигнута ни одним путем, значит она является висячей и следовательно граф не является связным.

2. Метод поиска в ширину в свою очередь обходит граф по уровням, то есть перед тем, как рассмотреть вершины на уровне 2, метод рассмотрит все вершины, существующие на уровне 1.

Сам процесс обхода похож на поиск в глубину: алгоритм рекурсивно пытается добраться до какой-либо вершины из изначальной вершины и если какая-то из вершин является недостижимой мы можем сделать вывод о том, что граф – несвязный.

3. Алгоритм DCSC (Divide and Conquer Strong Components) – это алгоритм поиска сильных компонент связности в графе. Основной принцип алгоритма заключается в выборе произвольной вершины, называемой опорной вершиной и дальнейшего нахождения множества её «потомков» и «предшественников». Пересечения множество «предшественников» и «потомков» объединяются в отдельное множество. Затем согласно лемме о нахождении сильно-связного компонента в ориентированном графе, в этом пересечении обязательно должна находиться сильно-связная компонента. Преимущество данного алгоритма заключается в том, что он допускает практическое распараллеливание на нескольких уровнях.

Во-первых, рекурсивные вызовы алгоритма полностью независимы друг от друга и, следовательно, могут выполняться независимо.

Во-вторых, поиск «предшественников» и «потомков» допускает гораздо больший параллелизм, чем, например, поиск в глубину, что ускоряет работу алгоритма.

В общем виде время работы алгоритма состоит из времени, затраченного на поиск «предшественников» и «потомков» и времени на учет сильно-связанных компонентов, которое напрямую зависит от количества вершин графа.

После расчета нескольких вариантов топологии необходимо предоставить пользователю результат вычислений и выбрать наиболее эффективный вариант построения топологии сети.

Последняя часть алгоритма автоматизации – это представление результатов. Результаты работы могут быть отображены в виде сравнительной таблицы с данными о расчетах различных результатов или в виде графиков, например, графика перепада давления по различным вариантам расчета.

Таким образом, автоматизация многовариантных гидравлических расчетов в системах газоснабжения низкого давления представляет собой важный шаг в повышении эффективности и безопасности таких систем. Разработка такого программного обеспечения позволит значительно сократить время и усилия, затрачиваемые на проведение расчетов, а также повысить точность результатов.

Библиографический список

1. *Нарыгин Э.И., Коваленко А.П., Кузиев К.Б.* Опыт проведения многовариантных расчетов автоматизированной системой построения гидродинамической модели месторождения. – 2022 – 26 с.
2. СП 42.101.2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб. – Введ. 8.07.2003. – М.: Минстрой РФ, 2003 – 182 с. (Свод правил по проектированию и строительству Российской Федерации).
3. *Ионин А.А.* Газоснабжение – Стройиздат. – 1989 – 440 с.
4. *Прахова М.Ю., Шаловников Э.А., Краснов А.Н.* Системы автоматизации в газовой промышленности – Инфра-Инженерия. – 2019 – 480 с.
5. *Карпов В.* Теория графов – МЦНМО. – 2022 – 560 с.

Егоров Радик Алексеевич, студент 4 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук **Н.В. Князева**

ПРИМЕНЕНИЕ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БЛОК-МОДУЛЕЙ

Модульное строительство представляет собой важное направление в современном строительном производстве. Оно основано на принципе создания зданий из уже готовых (собранных на заводе) блоков или модулей, что позволяет значительно сократить время и затраты на строительство. Опыт показывает, что сроки выполнения модульных проектов сокращаются на 50 % по сравнению с традиционными методами строительства. В свою очередь расходы на строительство сокращаются более чем на 20 % [1].

Проектирование блок-модулей является трудоемким процессом, включающим в себя множество рутинных операций. Автоматизация этих операций необходима для снижения трудозатрат и повышения эффективности проектирования.

Автоматизация создания блок-модулей может быть достигнута с применением инструментов визуального программирования – популярной тенденцией в области информационного моделирования зданий. Интеграция алгоритмического моделирования со средой информационного моделирования расширяет возможности ТИМ (технологии информационного моделирования) ориентированных программ, что способствует автоматизации рутинных процессов [2].

Целью данной работы является разработка алгоритма создания каркаса блок-модуля быстровозводимого здания с использованием инструмента алгоритмического моделирования – Rhino-Grasshopper.

Данный инструмент визуального программирования был выбран в связи с его широким спектром возможностей. Кроме того, Grasshopper предоставляет богатый набор готовых компонентов и плагинов, которые могут быть использованы для создания сложных алгоритмов.

Разработанный алгоритм будет способствовать автоматизации процесса проектирования модульных блоков быстровозводимых зданий, что позволит значительно сократить время на создание проектов. Это решение будет полезным для строительных компаний и инвесторов, активно работающих с проектами быстровозводимых жилых и коммерческих зданий. Автоматизация проектирования модульных блоков не только сократит временные и финансовые затраты на этапе проектирования, но и повысит эффективность реализации проекта на всех последующих этапах жизненного цикла здания [3].

Габариты блок-модулей регулируются по Р 58760-2019 [4]. Этот стандарт распространяется на мобильные (инвентарные) здания контейнерного и

сборно-разборного типа. Стандартные размеры блочных модулей составляют: продольный – 5,8 м, поперечный – 2,2 м, высота – 2,5 м [5].

Перейдем к рассмотрению алгоритма: на первом этапе, необходимо определиться с параметрами, которые формируют каркас модульного блока. Габариты каркаса и сечений балок представлены на рисунке 1.

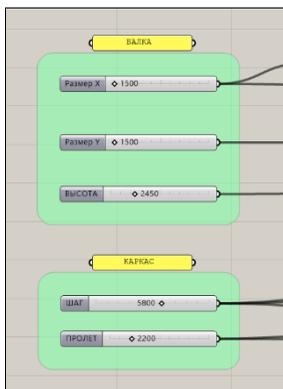


Рисунок 1 – Вводимые параметры каркаса блока

На следующих этапах формируется непосредственно геометрия с использованием нодов (представляют собой графические элементы или блоки, которые выполняют определенные функции или операции [6]):

- *Construct Point*: создаёт точку в трехмерном пространстве. В вашем случае, начальные координаты без параметров $\{0,0,0\}$;
- *Point*: выбирает точку с заданными координатами. В вашем случае, это точка с координатой $\{0,0,0\}$;
- *Rectangle*: создаёт прямоугольник на плоскости с заданными размерами и расположением;
- *Boundary Surfaces*: создаёт поверхности, ограниченные кривыми;
- *Extrude*: вытягивает геометрию вдоль вектора;
- *Move*: перемещает геометрию вдоль вектора;
- *Unit X, Unit Y, Unit Z*: создают единичные векторы вдоль осей X, Y и Z соответственно;
- *Division*: делит геометрию на равные части;
- *Subtraction*: вычитает одну геометрию из другой;
- *Area*: вычисляет площадь геометрии;
- *Line*: создаёт линию между двумя точками;
- *Mirror*: создаёт зеркальное отражение геометрии относительно плоскости;

- *XZ Plane, YZ Plane, XY Plane*: создают плоскости *XZ, YZ* и *XY* соответственно.

Фрагмент скрипта для создания каркаса модуля с использованием вышеперечисленных узлов представлен на рисунке 2.

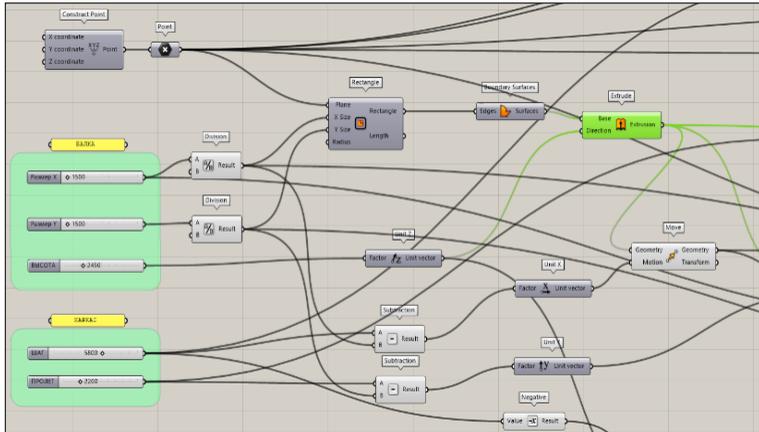


Рисунок 2 – Фрагмент скрипта

Готовый каркас блок-модуля представлен на рис. 3. В нем также показаны размеры с помощью узлов *Aligned Dimension*.

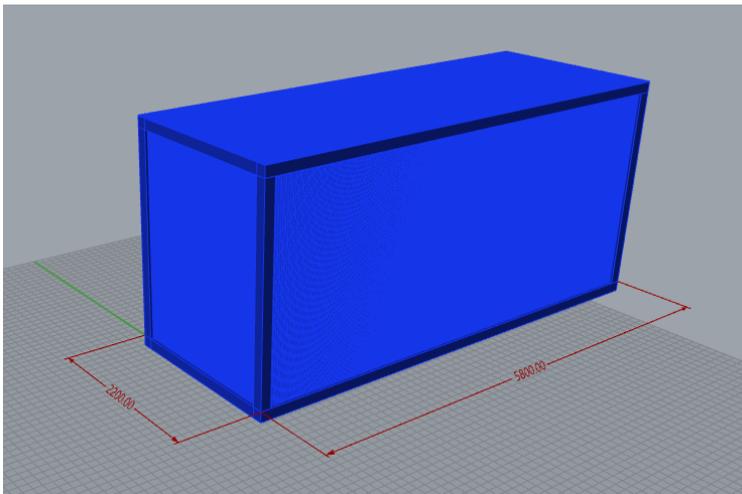


Рисунок 3 – Готовый каркас

В проделанной работе мы разработали каркас для модульного блока, который предназначен для проектирования быстровозводимых зданий.

Этот каркас представляет собой параметрическую модель: при изменении основных параметров автоматически изменяется вся геометрия объекта. Полученный каркас может быть легко интегрирован в среду информационного моделирования с помощью специальных плагинов, что позволяет использовать его в процессе проектирования и анализа в рамках этой среды.

Библиографический список

1. Курманова Е.Е., Таратута В.Д. Модульные здания: преимущества и недостатки // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ», 2020. № 6 (27). Т.3, С. 158-160.

2. Шумилов К.А., Гурьева Ю.А. Моделирование сложных архитектурных объектов с использованием GRASSHOPPER, RHINO И ARCHICAD // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 2 (40). С. 126–130.

3. Рыбакова А.О. Оценка эффективности проектирования на основе модульных элементов максимальной готовности // Строительство: наука и образование. 2022. Т. 12. Вып. 3. Ст. 9. [Электронный ресурс] URL: <http://nso-journal.ru> (дата обращения: 25.02.2024).

4. ГОСТ Р 58760-2019 Здания мобильные (инвентарные). Общие технические условия. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170185> (дата обращения: 25.02.2024).

5. Широков В.С. Конструктивные особенности модульных зданий // Вестник евразийской науки. 2022. Т. 14. № 3. [Электронный ресурс] URL: <https://esj.today/PDF/03SAVN322.pdf> (дата обращения: 25.02.2024).

6. Георгиев Н.Г., Шумилов К.А., Семенов А.А. Визуальное программирование в задачах моделирования строительных конструкций // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 4 (38). С. 117–123.

*Железнов Егор Максимович, студент 4 курса 1 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Л.А. Адамцевич*

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА

В настоящее время цифровые модели в ходе строительного мониторинга либо не создаются, либо создаются на конечных точках каждого этапа строительства для установления конечной точности геометрических параметров объекта или для подготовки исполнительной документации.

Для указанных выше целей используются традиционные геодезические инструменты, такие как тахеометры, нивелиры, лазерные рулетки, теодолиты, в редких случаях лазерные сканеры. При этом перечисленные выше инструменты требуют значительных временных затрат для своего использования, а полученный с их использованием данные нуждаются в длительной полу автоматизированной обработке и в значительной степени зависят от компетенций их операторов [1].

Вместе с тем, применение методов дистанционного зондирования с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) позволяет в существенной мере сократить время сбора данных, обеспечить их избыточность при сохранении необходимой точности.

Кроме того, комплексное использование методов получения геометрических и физических данных с помощью БПЛА и автономных датчиков позволяет получить машиночитаемую информацию и возможность ее кобработки в режиме реального времени на удаленных серверах [2].

Разработанная технологическая карта (рисунок 1) обеспечивает эффективную организацию процессов мониторинга и контроля строительства железнодорожной инфраструктуры.

Подготовка полётного задания включает:

- сбор и анализ информации об объекте;
- определение целей и задач полёта;
- подбор оптимальных технических характеристик оборудования;
- планирование установки датчиков давления;
- метеорологическое обеспечение;
- расчет параметров полета.

Производственные процессы на этапе проведения маршрутной съемки строящегося инфраструктурного объекта включают ряд этапов:

1. Планирование маршрута полета:

- определение границ зоны съемки и учет особенностей ландшафта;

- установление точек старта и финиша маршрута съёмки, опознаков;
- расчет оптимальной траектории полета с учетом безопасности и покрытия всей области объекта.

2. Назначение параметров съемки и показаний датчиков:

- определение необходимых характеристик съемки в соответствии с целями и требованиями проекта;
- настройка параметров камеры и датчиков для получения корректных данных.

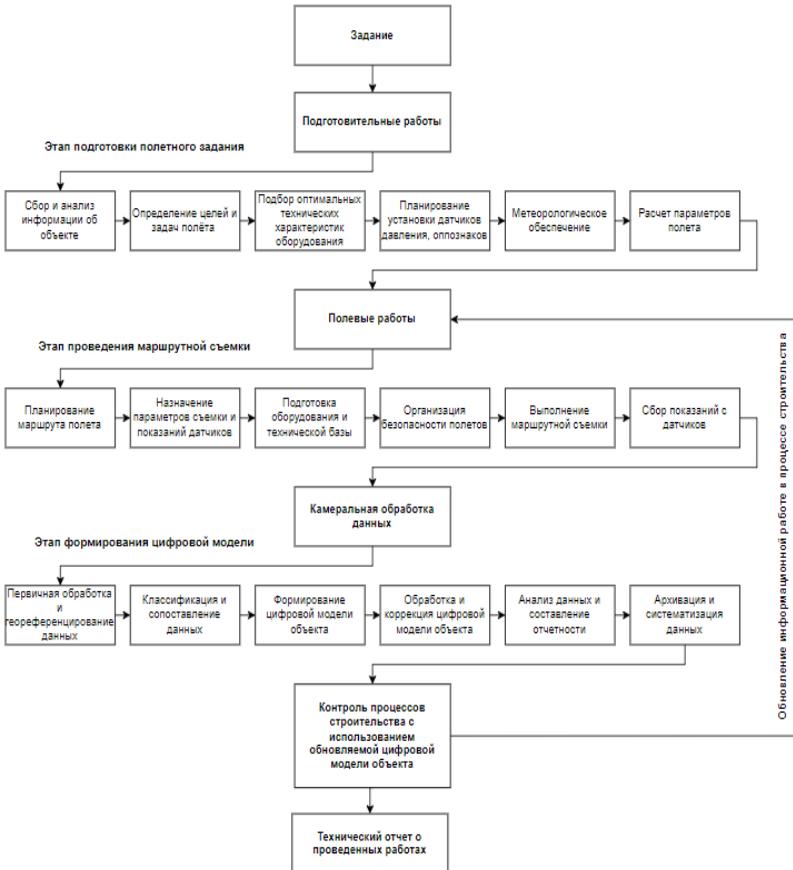


Рисунок 1 – Технологическая карта

3. Подготовка оборудования и технической базы:

- проверку технического состояния БПЛА и его компонентов;
- установку необходимого геодезического оборудования на БПЛА;

- подготовку наземной станции управления и системы контроля полета.

4. Организация безопасности полетов:

- проведение предварительного анализа рисков и разработка мер безопасности;

- обеспечение соблюдения правил воздушного пространства и требований к использованию беспилотных летательных аппаратов;

- контроль за метеоусловиями и принятие решения о возможности полета.

5. Выполнение маршрутной съемки [3]:

- запуск и навигация БПЛА в соответствии с разработанным маршрутом;

- съемку объекта согласно заранее заданным параметрам;

- мониторинг параметров полета и оперативное вмешательство в случае необходимости;

- сбор показаний датчиков посредством радиообмена с БПЛА.

Этап камеральной обработки включает в себя ряд ключевых процессов, направленных на обработку и анализ собранных данных с целью создания цифровой модели строящегося объекта [2]. Ниже представлены основные этапы технологической схемы:

1. Первичная обработка данных: загрузка снимков и других данных, полученных в ходе маршрутной съемки, в специализированное программное обеспечение; геопривязка снимков для привязки к географическим координатам.

2. Классификация и сопоставление данных: выделение объектов интереса (зданий, железнодорожных путей, дорог, коммуникаций и др.) на изображениях с использованием алгоритмов компьютерного зрения; сравнение факта с планом: сопоставление и корректировка данных с предварительно утвержденными техническими требованиями и стандартами.

3. Формирование цифровой модели объекта: интеграция обработанных данных для создания трехмерной и двумерной цифровой модели (ортофотоплана, топографического плана) строящегося объекта; уточнение геометрических параметров объектов и их взаимного расположения.

4. Обработка и коррекция цифровой модели объекта: проверка цифровой модели на соответствие требованиям по точности и полноте полученных данных; коррекция данных и параметров модели в случае выявления ошибок.

5. Анализ данных и составление отчетности: выполнение анализа полученной цифровой модели для выделения ключевых характеристик объекта; подготовка отчета с результатами камеральной обработки и формирования цифровой модели.

6. Архивация и систематизация данных: обработка и сохранение обработанных данных для последующего доступа и использования; предоставление доступа к цифровой модели участникам процесса мониторинга и строительства, заказчику и заинтересованным сторонам.

Предлагаемая технология в отличие от применяемых традиционных методик мониторинга опирается на новый технологический уклад строительного производства в том числе с использованием новейших способов в области сбора, обработки и анализа визуальной информации, включая разработку и внедрение уникальных разработок, таких как автономные датчики [4, 5] и специализированное ПО. Использование этих способов в значительной мере повышает эффективность осуществляемого процесса мониторинга: сокращаются временные затраты; обеспечивается сбор, хранение и анализ информации в машиночитаемом формате, что упрощает документооборот, а также дает большие возможности для последующего анализа состояния объекта на каждом этапе строительства; открывает возможности для автоматизированного подсчета объема выполненных работ; сокращает объем человеческих факторов, влияющих на качество собираемой информации; дает возможность расширения технологии ВМ (ТИМ) на этап строительства и эксплуатации.

Библиографический список

1. ОДМ 218.9.017–2019 Отраслевой дорожный методический документ, «Методические рекомендации по производству аэрофототопографических работ с использованием беспилотных летательных аппаратов при изысканиях в целях строительства и реконструкции автомобильных дорог», Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР), Москва, 2021. С. 56.
2. *Адамцевич, Л.А.* Технология мониторинга объектов капитального строительства на этапах жизненного цикла методами дистанционного зондирования с использованием беспилотных летательных аппаратов (дронов) на основе высокоточной цифровой модели объекта / Строительство и архитектура. 2021. Т. 9. № 3. С. 51-55.
3. *Железнов, Е.М.* Сравнение результатов фотограмметрической обработки данных, полученных различными сценариями аэрофотосъемки / Строительство - формирование среды жизнедеятельности. Сборник материалов семинара молодых учёных XXV Международной научной конференции. Москва, 2022. С. 85-90.
4. *Железнов, Е.М.* Проблема обследования строительных объектов железнодорожной инфраструктуры при динамических воздействиях / Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института цифровых технологий и моделирования в строительстве (ИЦТМС) НИУ МГСУ. Москва, 2022. С. 197-199.
5. *Евтушенко, С.И.* Определение динамических напряжений в строительных объектах железнодорожной инфраструктуры / Строительство и архитектура. 2022. Т. 10. № 1. С. 16-20.

*Жукова Софья Артемовна, студентка 4 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук Н.В. Князева*

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕКСТА В ВЕБ ПРИЛОЖЕНИЕ

Введение

С появлением новых технологий и повышением требований пользователей к веб-приложениям, вопрос оптимизации и улучшения пользовательского опыта становится все более актуальным.

При разработке веб-систем, эффективная загрузка данных является одним из важных аспектов. Однако, традиционный метод заполнения форм вручную сталкивается с рядом проблем, особенно когда данные представлены в виде изображений. Эти изображения часто содержат лишнюю информацию по краям, а также имеют схожие поля, что затрудняет процесс заполнения. В результате, такой подход не только отнимает значительное количество времени и усилий, но и увеличивает вероятность возникновения ошибок.

Для автоматизации этого процесса необходима технология, способная распознавать текст на изображениях. Одним из инструментов, позволяющих это сделать, является технология оптического распознавания символов (OCR). Она позволяет преобразовывать текст с изображений в оцифрованный формат с помощью алгоритмов компьютерного зрения, что позволяет компьютеру анализировать и обрабатывать этот текст.

Однако само применение технологии OCR не всегда достаточно для полноценного извлечения релевантных данных и автоматического заполнения соответствующих полей. Для этого требуется дополнительная обработка и анализ текста [1].

Например, необходимо определить структуру данных и их местоположение на форме, а также разработать алгоритмы для правильной интерпретации и распределения данных по соответствующим полям формы. Это позволяет улучшить точность и эффективность процесса загрузки данных в веб-системах.

Основная часть:

Для начала разберемся в основных понятиях, на которые будем ссылаться.

Оптическое распознавание символов (OCR) – это технология, которая распознает печатные или рукописные символы на изображениях, отсканированных документах и других источниках и преобразует их в машиночитаемый текст для дальнейшего использования, редактирования и анализа [2,3]. Распознавание широко применяется для

преобразования книг и документов в электронный вид, для автоматизации систем учёта в бизнесе или для публикации текста на веб-странице.

Процесс распознавания текста включает в себя несколько этапов:

1. Предварительная обработка изображения

В некоторых особых случаях полученные изображения могут иметь такие проблемы, как угловой наклон, нечеткие изображения, шум или потеря информации, поэтому перед выполнением распознавания символов необходимо предварительно обработать изображение для повышения точности и качества последующего распознавания.

2. Сегментация

На этом этапе изображение делится на символы, слова или целые блоки текста. За счет сегментации происходит определение границ символов и разделение текста построчно.

3. Распознавание символов

Данный процесс основан на сравнении изображений символов с базой данных уже включенных шрифтов или использовании алгоритмов машинного обучения для определения и идентификации символов.

4. Постобработка

После распознавания символов будет получен ряд текстовых данных, которые содержат полезную информацию, необходимую для задачи, а также большое количество ненужных символов, таких как пробелы и разрывы строк. Поэтому происходит постобработка полученных данных [4].

Технология распознавания текста развивается и совершенствуется благодаря применению методов машинного обучения, нейронных сетей и повышению уровня алгоритмов обработки изображений.

Она становится все более широко применяемой в различных областях жизнедеятельности, способствуя автоматизации и улучшению процессов обработки информации, к примеру:

- оцифровка документов (преобразование бумажных документов, книг, отчетов в машиночитаемый (электронный) формат для дальнейшего хранения или обработки);
- распознавание рукописного текста (к примеру возможность распознавания подписей и аннотаций, рукописных документов);
- интеллектуальная обработка документов (автоматическое извлечение требуемой информации из различных документов (ФИО, даты, адреса), позволяющее ускорить процессы обработки информации);
- распознавание номерных знаков (применяется в системах видеонаблюдения для автоматической идентификации транспорта)
- медицинская диагностика (анализ медицинских изображений и выводов, благодаря которому можно выявить патологии и болезни (к ним относятся рентгеновские снимки, снимки МРТ)) [5].

Одним из ярких примеров для внедрения технологии распознавания текста является регистрация пользователей через веб-приложения. Обработка сканов документов вручную является трудоемким процессом.

Существует необходимость автоматизировать задачу извлечения данных из подобных файлов аналогичного формата для упрощения и ускорения процесса заполнения полей в формах веб страниц на различных платформах. И путем интеграции технологии оптического распознавания символов и алгоритмов сходства текста, а также улучшения процесса сравнения сходства соответствующих полей в соответствии с фактическими функциональными потребностями системы, эта задача становится решаемой. На рисунке 1 представлена общая функциональная структура от загрузки изображения до заполнения поля требуемой информацией [6].

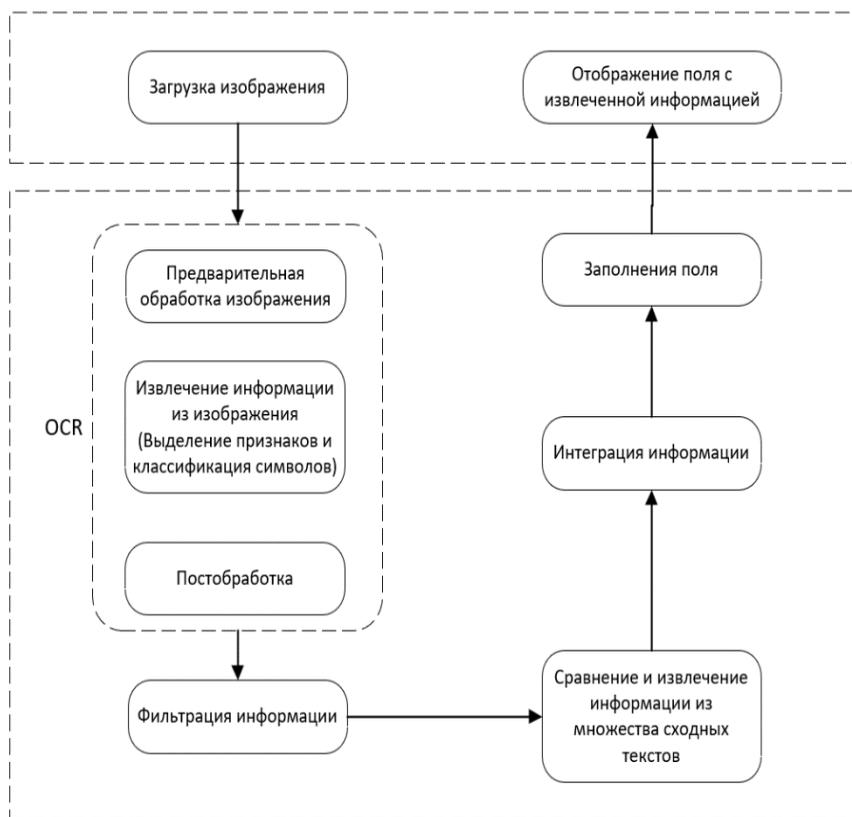


Рисунок 1 – Схема функциональной структуры

Для того, чтобы реализовать данную задачу потребуется выполнение нескольких шагов, а именно определение подходящей под цель технологии и разработка понятного и удобного в использовании интерфейса.

Существует несколько механизмов OCR с открытым исходным кодом, таких как OCRopus, PaddleOCR и Tesseract [7]. Однако выбор пал на Tesseract главным образом потому, что у него была хорошая документация и возможность обучаться специальным символам на существующей модели.

Tesseract – это один из наиболее широко используемых и известных движков распознавания текста и символов на изображениях с открытым исходным кодом. Он может быть использован для распознавания текста на изображениях, извлеченных из PDF-файлов. Tesseract поддерживает несколько языков. Движок Tesseract используется в виде оболочки Python под названием PyTesseract, которая устанавливается как зависимость на платформе Django [8].

Ранее было упомянуто, что данный механизм OCR может обучаться, и здесь стоит отметить, что обучение должно проводиться с наборами данных, которые включают в себя правильно отформатированные файлы, имеющие необходимые специальные символы и аннотированные ограничивающие рамки. Например, для определения границ паспортных данных, которые требуется занести в поля, как вариант, ФИО, серия и номер паспорта, ведь у ксерокопий паспорта есть поля, на которых данные не находятся или же информация на них не нужна к использованию [9,10].

Заключение:

Технология распознавания текста позволяет автоматически извлекать информацию из текстовых данных, представленных в виде различных типов документов или изображений.

Благодаря данной механике открывается широкий спектр возможностей для улучшения функционала веб-приложений [11]:

1. Автоматизация процессов – внедрение распознавания текста позволяет автоматизировать ряд задач, которые ранее требовали ручной обработки данных. Например, автоматическое заполнение форм, извлечение информации из изображений или сканов документов.

2. Оптимизация пользовательского опыта — с помощью распознавания текста повышается доступность и эффективность пользовательских взаимодействий с сайтом или приложением.

3. Точность и надежность – современные алгоритмы распознавания текста обладают высокой точностью и надежностью, что позволяет минимизировать ошибки при обработке информации.

Внедрение технологии распознавания текста в веб-приложения произвело большой эффект и дала толчок в направлении оптимизации и совершенствования функционала веб-платформ и ресурсов.

Успех интеграции данной технологии приведет к повышению удовлетворенности потребностей пользователей, снижению времени за счёт автоматизации рутинных работ и улучшению общей производительности не только приложения, но и пользователей.

Библиографический список

1. *Архинов А.М.* Оптическое распознавание текста и как оно работает // Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации // сборник статей IX Международной научно-практической конференции: в 2 ч. Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.) (Пенза), 2019.
2. *Афонасенко А.В.*, Обзор методов распознавания структурированных символов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. - 2008. - № 2 (18), часть 1. - С. 83-88.
3. Система распознавания и обработки текста// cyberleninka URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-raspoznaniya> (дата обращения: 20.02.2024).
4. Коррекция ошибок на этапе постобработки при оптическом распознавании символов // CYBERLENINKA URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/korreksiya-oshibok-na-etape-postobrabotki-pri-opticheskom-raspoznanii-simvolov/viewer> (дата обращения: 20.02.2024).
5. *S. Marinai, M. Gori, and G. Soda*, “Artificial neural networks for document analysis and recognition,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 27, no. 1, pp. 23–35, Jan. 2005, doi: 10.1109/TPAMI.2005.4. (дата обращения: 20.02.2024).
6. *K. Karthick, K. B. Ravindrakumar, R. Francis, and S. Iankannan*, “Steps involved in text recognition and recent research in OCR; a study,” *International Journal of Recent Technology and Engineering*, vol. 8, no. 1, pp. 3095–3100, 2019. (дата обращения: 20.02.2024).
7. Image Processing Based Scene-Text Detection and Recognition with Tesseract // ResearchGate URL: <https://www.researchgate.net/publication/34077635> (дата обращения: 20.02.2024).
8. Madmaze/pytesseract, “A Python wrapper for Google Tesseract,” GitHub, 2022. <https://github.com/madmaze/pytesseract> (дата обращения: 20.02.2024).
9. *Ананченко И.В., Мякичева А.И.* Использование информационных технологий для распознавания паспортных данных. В сборнике: Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования сборник статей VI Международной научно-практической конференции: в 3 ч. 2019. С. 71-74.
10. Automated invoice data extraction using image processing // ResearchGate URL: https://www.researchgate.net/publication/371207397_Automated_invoice_data_extraction_using_image_processing (дата обращения: 20.02.2024).
11. *Катанов, Ю. Е.* Автоматизация рутинных процессов на предприятии с помощью роботизированной системы / В сборнике: Научные исследования в условиях цифровизации: мировой опыт и национальные приоритеты. сборник статей Международной научно - практической конференции. Уфа, 2020. С. 32 - 41.

Зулунова Захрохон Илѣсбек Кизи, студентка 4 курса 3 группы ИЦТМС
Зулунова Мадина Илѣсбек Кизи, аспирант 1 курса 9 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Л.А. Адамцевич

АВТОМАТИЗАЦИЯ КЛАССИФИКАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ МОДЕЛИ В ПО RENGA ПО КЛАССИФИКАТОРУ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

В современной строительной индустрии информация играет ключевую роль. При разработке проектов, выполнении строительных работ и последующем эксплуатации зданий и сооружений, необходимо точно классифицировать и управлять большим объемом данных.

Вручную выполнять эту задачу трудоемко и времязатратно, при этом существует риск ошибок.

В связи с этим автоматизация классификации элементов модели по классификатору строительной информации актуальна, поскольку позволяет снизить трудозатраты, повысить точность и качество работы, а также улучшить совместную работу в строительной отрасли.

Если рассматривать в общем случае, то классификация – есть разделение чего-то общего на группы в соответствии с определенными критериями.

При этом существуют определенные положение и порядок разработки классификаторов строительной информации, основные из которых содержатся в правилах стандартизации ПР 50.1.024-2005 [1].

В тоже время на мировом рынке уже существует значительное количество классификаторов строительной информации, используемых в программных продуктах, поддерживающих технологии информационного моделирования [2].

Примерами таких классификаторов являются [3]:

- OmniClass Construction Classification System (OCCS, США),
- Uniclass 2015 (Великобритания),
- CCS (Дания),
- CoClass (Швеция),
- MasterFormat (США),
- UniFormat (США),
- Классификатор строительной информации (КСИ),
- Московская строительная система классификаторов (МССК).

Согласно градостроительному кодексу «классификатор строительной информации – информационный ресурс, распределяющий информацию об объектах капитального строительства и ассоциированную с ними информацию в соответствии с ее классификацией (классами, группами, видами и другими признаками) [4].

Разработанная структура и состав КСИ, в том числе, утверждены приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 6 августа 2020 года № 430/пр. и соответствует требованиям международных стандартов ISO 12006-2:2015 и ISO 81346-12:2018 [5].

В общем виде классификатор строительной информации (КСИ) представляет собой набор классификационных таблиц и таблиц связей между базовыми классами строительной информации в формате .xlsx (рисунок 1). 21 классификационная таблица разделены на четыре базовые категории, включая результат, процесс, ресурс, характеристика.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
			ZONE	SPACE	C_BUILDING	BUILDING	F_SYSTEM	T_SYSTEM	COMPONENT
			1	1	2	3	4	5	6
1									
2									
3	ZONE (зона)	1		формируются за счет		может разделять			
4	SPACE (помещение)	1	может входить в состав			расположено в			
5	C_BUILDING (комплекс объектов капитального строительства)	2				состоит из			
6	BUILDING (объекты капитального строительства)	3	может быть разделено на	разделено на	может входить в состав		декомпозируется на		
7	F_SYSTEM (функциональная система)	5				расположена в		состоит из	
8	T_SYSTEM (техническая система)	5					входит в состав	может состоять из	состоит из
9	COMPONENT (компонент)	6		может быть исключен из				входит в состав	может состоять из
10	P_MANAGEMENT (управление)	7							
11	LC_STAGE (стадия жизненного цикла объекта капитального строительства)	8							
12	P_ENGRES (процесс инженерных изысканий)	9							

Рисунок 1 – Фрагмент таблицы связей между базовыми классами строительной информации из КСИ

При этом с 1 декабря 2022 г. КСИ имеет статус подсистемы государственной информационной системы обеспечения градостроительной деятельности Российской Федерации (ГИСОГД РФ), а также его применение на объектах госзаказа становится обязательным [6].

Процесс классификации элементов информационной модели по КСИ (рисунок 2) состоит из 4-х этапов:

1-й этап. Определение категории классифицируемого элемента.

2-й этап. Выбор соответствующей классификационной таблицы с учетом выбранной категории.

3-й этап. Отнесение элемента к определенному классу из выбранной для него КТ КСИ. При этом если подходящего класса нет целесообразно введение нового пользовательского класса, который необходимо отобразить в соответствующей сопроводительной документации к проекту.

4-этап. Занесение информации о классификации элемента в его атрибутивные данные – назначение кодов классов и типов объекта.

КСИ находится в открытом доступе и расположен на сайте Федерального центра нормирования и стандартизации, а для внесения изменений в КСИ, в

случае обнаружения пользователем ошибок и неточностей разработана форма заявки.

В связи с тем, что КСИ находится на стадии разработки и тестирования, раз в квартал ведутся работы по обновлению системы классификации, с учетом замечаний и предложений заинтересованных участников строительной отрасли.

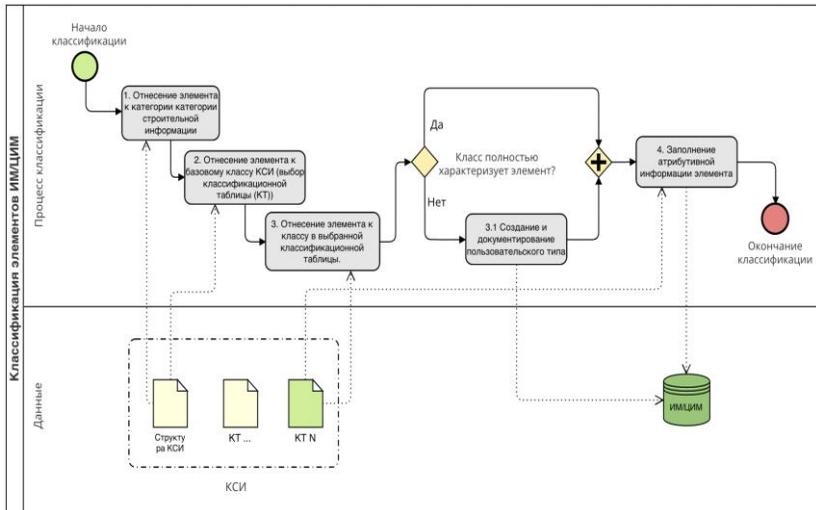


Рисунок 2 - Процесс классификации элементов информационных моделей по КСИ

Однако в связи с тем, что после обновления версии классификатора один и тот же элемент может быть закодирован по-разному, возможны определенные затруднения на пути активного внедрения КСИ [6,9].

Вручную выполнять эту задачу трудоемко и времязатратно, при этом существует риск ошибок.

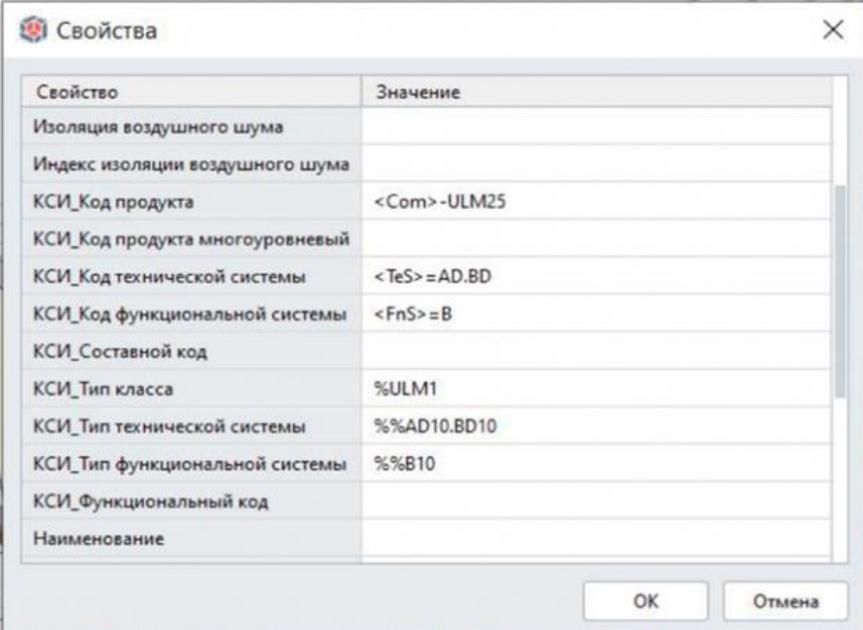
Автоматизация классификации элементов модели в программном обеспечении Renga, предоставляет возможность использовать уже имеющуюся информацию о классификации и кодировании объектов в КСИ, а также без особого труда применять ее при создании и модификации моделей.

Такой подход помогает сохранить единообразие данных и предотвратить возможные ошибки или несоответствия при ручном внесении информации.

В Renga API можно задать дополнительные метаданные для элементов модели. Например, можно создать атрибут "Класс" и присваивать элементам соответствующие значения этого атрибута.

Затем можно использовать методы поиска, чтобы получить элементы, соответствующие определенному классу.

В результате исследования можно сделать вывод, что внедрение классификатора строительной информации необходимо для унификации информационных моделей и для эффективной совместной работы между всеми участниками проекта, а автоматизация классификации элементов моделей в ПО Renga по КСИ имеет большой потенциал для оптимизации процессов проектирования и управления информацией.



Свойство	Значение
Изоляция воздушного шума	
Индекс изоляции воздушного шума	
КСИ_Код продукта	<Com> -ULM25
КСИ_Код продукта многоуровневый	
КСИ_Код технической системы	<TeS> =AD.BD
КСИ_Код функциональной системы	<FnS> =B
КСИ_Составной код	
КСИ_Тип класса	%ULM1
КСИ_Тип технической системы	%%AD10.BD10
КСИ_Тип функциональной системы	%%B10
КСИ_Функциональный код	
Наименование	

Рисунок 3 – Результат классификации в Renga

Однако, для полноценной реализации автоматизированной системы классификации необходимо провести дополнительные исследования и разработки для оптимизации алгоритмов, адаптации существующих методов и интеграции с функциональными возможностями ПО Renga.

Тем не менее, результаты данного исследования являются значимыми, и они будут использоваться в дальнейшей научной работе для развития и совершенствования существующих методов и инструментов автоматизации классификации в инженерной отрасли.

Библиографический список

1. *Привдвижкин С.В., Пугач П.К., Нуждин А.Д.* Роль внедрения классификаторов строительных элементов в информационное моделирование // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 58 (2). С. 26–30.
2. *Лисовцова О.И., Игнатова Е.В.* Использование классификаторов в процессе информационного моделирования объекта капитального строительства// Дни студенческой науки: Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ института студентов цифровых технологий и исследований в строительстве (ИЦТМС) НИУ МГСУ, Москва, 28 февраля - 04 2022 года. - Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2022. С. 298-302.
3. *Волкодав В.А., Волкодав И.А.* Разработка структуры и состава классификатора строительной информации для применения BIM-технологий// Вестник МГСУ. 2020. № 6. С. 867-887.
4. 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) [Электронный ресурс] URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 20.02.2024).
5. *Скворцова Т. М.* Анализ классификатора строительной информации // Дни студенческой науки: Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ института студентов цифровых технологий и исследований в строительстве (ИЦТМС) НИУ МГСУ, Москва, 28 февраля - 04 2022 года. - Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2022. С. 272-274.
6. ГОСТ Р 10.0.05-2019/ИСО 12006-2:2015 Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Строительство зданий. Структура информации об объектах строительства. Часть 2. Основные принципы классификации [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200164873> (дата обращения: 25.02.2024).
7. Классификатор строительной отрасли [Электронный ресурс] URL: <http://ksi.faufcc.ru/> (дата обращения: 26.02.2024).
8. *Степанов В.В., Комаров И.А.* Основы классификации информационной модели: МССК, КСИ и КСР (Презентация) [Электронный ресурс] URL: <https://youtu.be/U9YM-Q8B1TI?si=Mjx7a9aKRKMVd0kg> (дата обращения: 26.02.2024).
9. BIM-системе Renga появится классификатор строительной информации [Электронный ресурс] URL:<https://rengabim.com/news-bim-renga/v-bim-sisteme-renga-poyavitsya-klassifikator-stroitelnoj-informacii1/> (дата обращения: 23.02.2024).

Иванов Иван Алексеевич, студент 4 курса 2 группы ИЦТМС
Пупынин Антон Сергеевич, студент 4 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Е.В. Игнатова

УПРАВЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ЗДАНИЯ ЧЕРЕЗ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ

С развитием технологий в 20 веке люди все чаще стали задумываться над тем, как применить их для улучшения качества своей жизни. Именно в этот момент зародилась технология, известная сегодня как "Умный дом" [1].

Из года в год оснащение квартир инженерными системами все усложнялось, число устройств, формирующих комфортную домашнюю среду, стремительно росло, все больше и больше задач автоматизировались, а роль человека в управлении процессами сводилась к минимуму.

Цель исследования – провести анализ метода управления технологией "Умный дом" с использованием информационной модели [2].

Настройка технологии состоит из нескольких шагов. Первым шагом, необходимо разработать информационную модель здания [3]. Модель будем разрабатывать в программе Sweet Home 3d.

Необходимо скачать и установить ее. Нужно учесть следующие требования, а именно наша модель должна быть оснащена всеми необходимыми инженерными системами, особенностями планировки с максимальной точностью [4].

В результате мы получили следующую модель (рисунок 1):

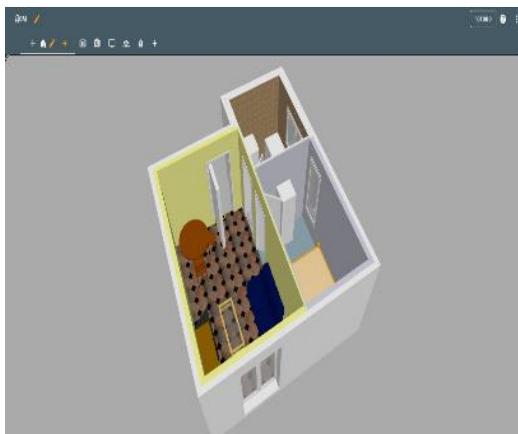


Рисунок 1 - Информационная модель в программе Sweet Home 3d

Следующим шагом, импортируем нашу информационную модель в систему управления домом Home Assistant [5]. В нашей научной работе более детально мы рассмотрим систему освещения, для этого необходимо настроить её в информационной модели.

Настройка Home Assistant выглядит следующим образом.

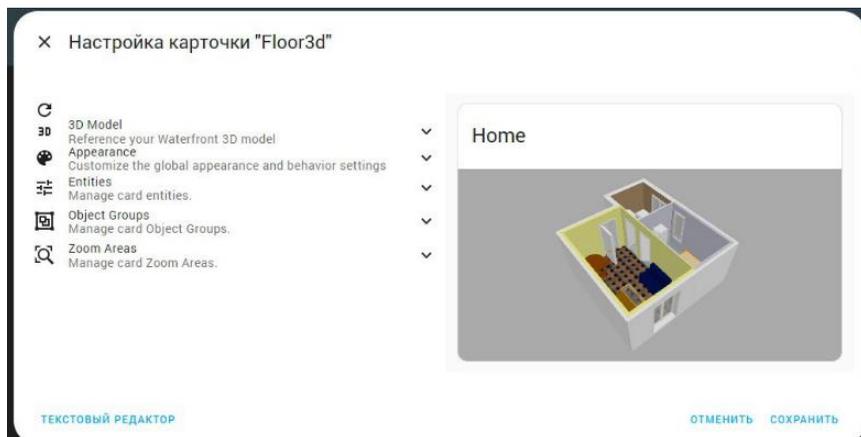


Рисунок 2 - Настройка 3D модели в Home Assistant

На странице 3D Model в группе параметров указывается:

1. Название объекта.
2. Путь к самой модели.
3. Название, имя файла модели в формате obj.
4. mtl - файл модели - файл MTL содержит последовательность определений материалов, каждое из которых начинается с ключевого слова newmtl и имени материала.

Операторы в определении материала состоят из ключевого слова, за которым следуют параметры, значения или ссылки на дополнительные файлы для использования в качестве текстурных карт.

5. Список объектов в json (некоторые объекты образуют группу более сложного объекта, например, дверь).

Вкладка Appearance:

Настраивает визуальное видение 3д модели - блокирование камеры в одном положении, настройка видимости осей, цвет фона, видимость неба.

Вкладка entities:

Настроить открытие\закрытие дверей, настройку света, выбор цвета освещения, движения камеры по нажатию и другие действия.

Вкладка object groups:

Позволяет объединять модели в группы (группа света, группа датчиков, выключателей).

Вкладка Zoom areas:

Позволяет настраивать виды с камеры.

На следующем этапе мы создаём и добавляем объекты освещения.

Далее добавляем приборы управления (выключатели) в интерфейс управления Home Assistant.

1. Добавляем пользовательскую карточку модели дома, для этого переходим в панель управления - > изменить -> добавить пользовательскую карточку.

2. Добавляем объект выключателя света, для этого нужно перейти: панель управления - > изменить -> добавить карточку -> находим наш физический выключатель.

3. Связываем нашу модель с выключателем посредством настройки модели (нажимаем изменить в карточке модели, -> entities -> подключаем наш выключатель).

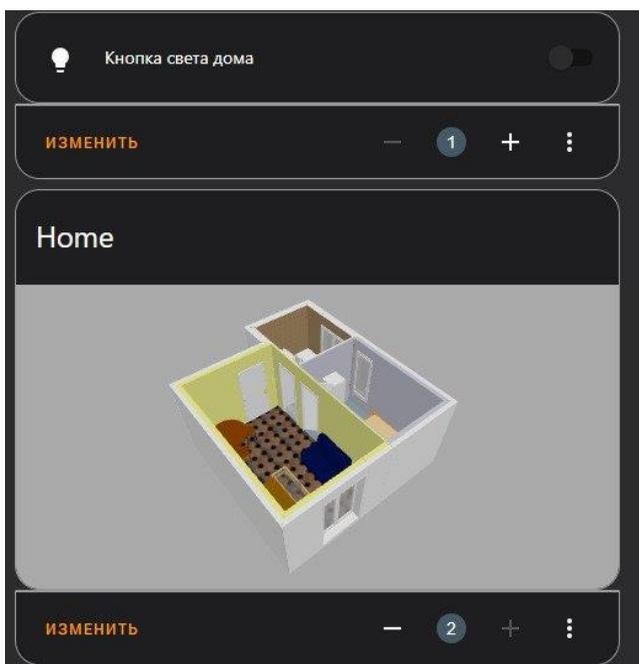


Рисунок 3 - Информационная модель, оснащенная объектами

Для того, чтобы связать объект освещения на 3д модели и подключённый выключатель света, необходимо добавить на панель управления кнопку

включения/выключения света, связать её с моделью дома посредством настройки этой вкладки.

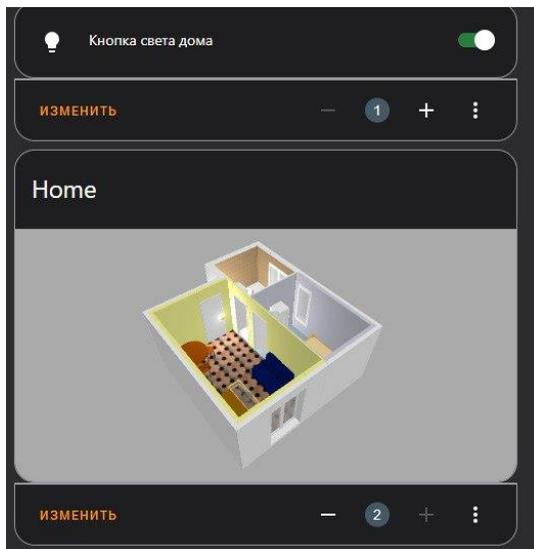


Рисунок 4 - Включенное освещение на модели

Таким образом, внедрение информационной модели здания в систему умного дома с помощью Home Assistant позволяет создать удобное управление освещением и другими системами, что значительно делает повседневную жизнь более комфортной и эффективной.

Библиографический список

1. *Salykova O.S., Torgashov V.A.* SMART HOUSE: Intellect, Idea, Innovation - интеллект, идея, инновация. 2017. № 1-1. С. 320-324. (дата обращения: 20.02.2024).
2. *Kabanov O.V., Panfilov S.A., Kuznetsova E.S., Egorushkina T.N., Ralin A.Yu., Ralin A.Yu., Lyalin E.A., Sadunova A.G., Mokryak A.V.* SMART HOUSE: apartment opportunities in the next decade. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 2021. Т. 8. № 4. С. 939-945. (дата обращения: 20.02.2024).
3. *Васильчиков М.Г., Клименко А.В.* Разработка модели для удаленного управления системой «умный дом». 2018. С. 83-84. (дата обращения: 20.02.2024).
4. *Гилязетдинов М.* Современные системы автоматизации для интеллектуального здания. URL: <http://controleng.ru/avtomatizatsiya-zdaniy/sovremenny-e-sistemy-avtomatizatsii> (дата обращения: 20.02.2024).
5. Установка Home Assistant с использованием Docker Compose URL: <https://www.heyvaldemar.net/ustanovka-home> (дата обращения: 20.02.2024).

*Калмыков Даниил Андреевич, студент 4 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. К.Ю. Лосев*

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБЪЁМНО-ПЛАНИРОВОЧНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЧЕРЕЗ БЛОК УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАНИЯМИ В СРЕДЕ ОБЩИХ ДАННЫХ

Объёмно-планировочное проектирование – это комплексный процесс, требующий согласования множества задач между различными участниками. Отсутствие эффективной системы управления заданиями может привести к дублированию работ, задержкам и недостаточной видимости текущего состояния проекта. В свою очередь, СОД позволяет всем участникам в равной мере участвовать в формировании и ведении информационных моделей объектов капитального строительства [1].

Растущие объёмы данных, сложные структуры проектов, и необходимость в ускоренных сроках реализации требуют новых подходов к организации труда и внедрению современных методов управления заданиями. Целью данного исследования является анализ методов оптимизации данного процесса с помощью блока управления заданиями в среде общих данных. В целом, объёмно-планировочное проектирование представляет собой создание архитектурного облика здания или сооружения, определение его формы, размеров, функционального назначения и взаимосвязи между различными элементами. Данный процесс, являющийся ключевым этапом в жизненном цикле инженерных проектов, подвержен различным проблемам, которые влияют на эффективность выполнения задач. Многочисленность людей, вовлеченных в проектирование, приводит к ограничениям, связанным с доступностью к информации о планах и текущих задачах. Это приводит к дублированию работ, отсутствием понимания в интерпретации требований и, как следствие, снижению координации и эффективности. Также, недостаточная оптимизация распределения персонала, оборудования и материалов сказывается на продолжительности выполнения задач и общей производительности. Данный факт становится особенно заметным при работе с проектами различной сложности и объема.

Именно поэтому возникают трудности в масштабировании существующих методов и инструментов, что может привести к ухудшению производительности и риску задержек в выполнении работ. Среди самых частых проблем выделяют большое количество повторяющихся данных, вносимых в документы, а также значительный объём самой документации, что вызывает сложности при хранении, транспортировке и исправлении ошибок [2]. Отсутствие единых стандартов и недостаток автоматизации –

еще одна существенная проблема в процессах объемно-планировочного проектирования.

Основная цель заключается в переходе к управлению структурированными данными в единой информационной среде на основе цифровых платформенных программно-технических комплексов и отраслевых цифровых платформ обмена информацией [3]. Именно поэтому внедрение блока управления заданиями позволяет автоматизировать процесс планирования и контроля выполнения проектных работ. Он в свою очередь представляет собой специализированный модуль в рамках информационной системы управления проектами, который позволяет управлять проектными заданиями, контролировать сроки выполнения задач, оценивать эффективность работы проектной группы и анализировать результаты. Однако существующие решения на рынке, такие как блок задач в Pilot BIM, часто оказываются архаичными модулями, не отвечающими современным требованиям в области объемно-планировочных решений [4].

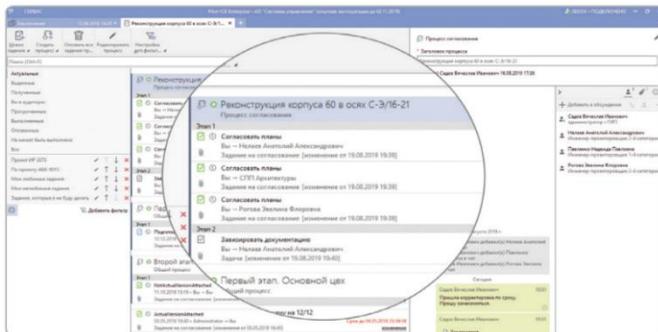


Рисунок 1 - Работа с заданиями в Pilot-Bim

Вместо инновационных подходов, они, по большей части, ограничиваются электронными письмами с указанием сроков выполнения задач. Такие модули не способствуют эффективному управлению заданиями, не предоставляют достаточной прозрачности в процессах и не учитывают сложности современных проектов. Вместо того чтобы обеспечивать современные средства управления, они оставляют пробелы в коммуникации, усложняя координацию и внедрение изменений в проектах объемно-планировочного проектирования. Согласно проведенным исследованиям международной ассоциации управления проектами (IPMA), применение современных инструментов и методов управления проектами экономит 20–30 % времени и 15–20 % средств [5]. Целесообразно обратить внимание на решения из других отраслей, такие как те, которые предоставляет сервис Яндекс.Трекер [6]. В отличие от устаревших блоков задач, данный сервис включает в себя современные функционал, такие как

диаграмма Ганта и удобный интерфейс для пользования. Интеграция подобных решений в модули для среды общих данных в объемно-планировочном проектировании предоставит не только возможности более наглядного отслеживания хода проекта, но и повысит эффективность управления заданиями.

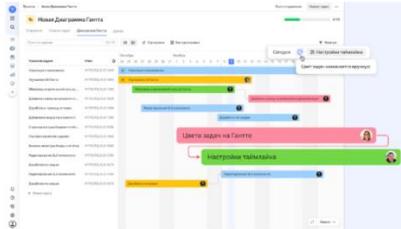


Рисунок 2 – Работа с заданиями в Яндекс.Трекер

Внедрение блока управления заданиями в процессы объемно-планировочного проектирования представляет значительный шаг в направлении повышения эффективности и совершенствования рабочих процессов. Алгоритм наполнения цепочками согласований-процессов представляет собой:

1. Идентификация целей: Исходным этапом является четкое определение целей, которые требуется достичь в ходе объемно-планировочного проектирования. Это включает в себя выявление основных параметров проекта, ожидаемых результатов и критериев успешной реализации.

2. Определение задач: на основе установленных целей, производится детальное определение задач, подлежащих выполнению в процессе проектирования. Каждая задача четко формулируется и выравняется с общими целями проекта.

3. Расставление приоритетов: Задачи оцениваются с точки зрения их важности и трудозатрат. Расставление приоритетов позволяет эффективнее управлять ресурсами и временем, обеспечивая более эффективное выполнение проекта.

4. Маркировка Задач: Каждая задача маркируется в соответствии с уровнем трудозатрат, сроками выполнения, а также ее взаимосвязью с другими задачами. Это помогает создать ясную картину проекта и установить зависимости между задачами.

5. Определение последовательности выполнения задач: определяется логическая последовательность выполнения задач, что способствует более эффективной организации процесса. Особое внимание уделяется тем задачам, которые имеют зависимости друг от друга.

6. Создание цепочек согласований: формируются цепочки согласований, которые определяют порядок передачи задач от одного

участника к другому. Это включает в себя этапы проверки и утверждения задач, обеспечивая гармоничное взаимодействие внутри команды.

7. Установка критериев согласования: определяются четкие критерии успешного согласования каждой задачи. Это может включать в себя критерии качества, соответствия спецификациям, а также соблюдение сроков.

8. Распределение задач: задачи распределяются между участниками проекта с учетом их компетенции, опыта и ресурсов, что способствует эффективному использованию навыков каждого участника и обеспечивает оптимальное выполнение задач.

9. Отслеживание состояния задач: внедряется система отслеживания состояния задач, которая позволяет регулярно мониторить прогресс, выявлять возможные проблемы и оперативно принимать корректирующие меры.

В заключение следует отметить, что проведенный в ходе статьи анализ существующих решений блока управления заданиями в процессах объемно-планировочного проектирования выявил значительные потенциалы для улучшения эффективности и управляемости проектов в данной области. Так, автором был предложен алгоритм для эффективного наполнения задач и создания цепочек согласований, что дает возможность оптимизировать процессы и повышать производительность.

Библиографический список

1. *Медведев Д.В., Пронин В.И.* Уровни развития сред общих данных строительных проектов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Том 13. № 5А. С. 336-347. DOI: 10.34670/AR.2023.59.18.018.

2. *Мелин, М.А.* Преимущества цифрового документооборота при подготовке и ведении исполнительной документации / М. А. Мелин, Н. Л. Бреус // Вестник евразийской науки. 2022. Том. 14. № 3.

3. *Малявкина Л.И., Савина А.Г., Савин Д.А.* Проблемы информационно-технологического обеспечения реализации BIM-концепции. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2023; 50(1):99-113. DOI:10.21822/2073-6185-2023-50-1-99-113

4. «Pilot-BIM User Guide». // Askon [Электронный ресурс] URL: https://ascon.ru/source/info_materials/user-manuals/2021-10-Pilot-BIM_ReadMe.pdf (дата обращения: 25.02.2024).

5. *Беляев А.В.* Жизненный цикл объектов строительства при информационном моделировании зданий и сооружений / А.В. Беляев, С.С. Антипов // Промышленное и гражданское строительство. 2019. С. 65–72.

6. Как устроен Tracker // Yandex Cloud – Документация. [Электронный ресурс] URL: <https://cloud.yandex.ru/ru/docs/tracker/about-tracker> (дата обращения: 25.02.2024).

Кисберев Ростислав Владимирович, студент 4 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. **К.Ю. Лосев**

УСЛОВНЫЕ ВЫРАЖЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ И СМЕТНЫХ РАСЦЕНОК

В современной строительной индустрии, где каждый шаг в проектировании и строительстве требует точности, скорости и экономической эффективности, интеграция цифровых технологий является не просто трендом, а необходимостью. Одним из наиболее перспективных направлений в этом контексте является сочетание цифровой информационной модели здания с автоматизацией сметных расчетов. Этот подход обещает революционизировать процесс составления смет, сделав его более быстрым, точным и менее подверженным ошибкам.

Традиционно, процесс осметчивания зданий и сооружений был время-затратным и подверженным ошибкам из-за необходимости ручного ввода данных и выбора сметных расценок. Инженерам-сметчикам приходилось вручную анализировать проектные документы и подбирать соответствующие позиции из сметно-нормативной базы ценообразования, что занимало значительное количество времени и требовало высокой квалификации [1]. В настоящее время автоматизированные инструменты могут напрямую взаимодействовать с цифровыми информационными моделями здания, автоматически извлекая необходимые данные для составления смет. Однако отдельные характеристики элемента проекта могут отличаться и влиять на выбор расценки или материала из сметно-нормативной базы, что приводит к некорректности в определении стоимости и трудозатрат. Проблема усугубляется тем, что нет единого метода для соотнесения информации из информационных моделей зданий с требованиями нормативных документов, что делает сложным точное определение предстоящих расходов [2].

Решение этой проблемы находится в использовании условных выражений, которые позволяют автоматизировать выбор сметных расценок на основе параметров, заимствованных из BIM-модели. Применение логических операторов и значений в этих выражениях обеспечивает гибкость и точность подбора, позволяя системе самостоятельно определять наиболее подходящие расценки на основе заданных критериев.

Условное выражение (УВ) – это тип выражения, которое проверяет, соответствует ли данные условию, и выполняет действие в зависимости от результата.

Задача условных выражений – назначить сметное свойство (которое может состоять из нескольких блоков) однотипным элементам проекта,

отдельные характеристики которых отличаются и влияют на выбор расценки или материала из сметно-нормативной базы, на основе заданного логического выражения (условия) по значению атрибутов (свойств) элемента.

Условное выражение является формулой, поэтому требует в самом начале записи наличия знака « \Leftrightarrow » (равно).

Условные выражения в системах автоматизированного проектирования (САПР) используются для автоматизации и расширения функциональности программного обеспечения. Основные способы применения УВ, следующие:

- **Уменьшение ошибок в сметных расчетах:** Автоматизация процесса извлечения данных напрямую из информационных моделей здания и их соотнесение со сметно-нормативной базой может существенно снизить вероятность ошибок, вызванных ручным вводом данных или неправильной интерпретацией информации.

- **Повышение точности определения стоимости и трудозатрат:** Более точное соотнесение характеристик элементов проекта с расценками и материалами позволяет улучшить точность определения стоимости и трудозатрат, что критически важно для бюджетирования и планирования проектов.

- **Стандартизация процессов сметного нормирования:** Разработка единого метода для взаимодействия с информационными моделями способствует стандартизации процессов сметного нормирования, что упрощает взаимодействие и обмен данными между различными участниками строительного проекта.

- **Сокращение времени на подготовку смет:** Автоматизация процесса сокращает время, необходимое для подготовки сметных расчетов, позволяя специалистам сосредоточиться на других важных аспектах управления проектом.

- **Снижение рисков проекта:** Более точные сметы и прогнозы стоимости помогают снизить финансовые риски, связанные с перерасходом бюджета и задержками в сроках выполнения проекта.

- **Повышение прозрачности и отчетности:** Упрощение процесса составления и анализа сметных расчетов способствует повышению прозрачности и улучшению отчетности в рамках управления строительными проектами.

Использование условных выражений демонстрирует значительные преимущества при работе с большим количеством однотипных элементов в строительных проектах, особенно когда эти элементы отличаются по некоторым параметрам. Примером такой ситуации является подбор сметных расценок для устройства стен и перегородок из бетона и легкого бетона, где типовые стены могут варьироваться по высоте и толщине.

Рассмотрим ситуацию: стена высотой 3,1 метра и толщиной 0,6 метра соответствует указаниям ГЭСН06-06-001-011 и ФЕР06-06-001-011. В

системе, не использующей условные выражения, при дублировании этой стены её сметные свойства автоматически применяются ко всем аналогичным стенам в проекте. Однако, если встречается стена с другими размерами — например, высотой 2,7 метра и толщиной 0,22 метра — применение одинаковых сметных свойств без учёта этих различий приведёт к неточностям в смете [3]. Условные выражения предлагают решение этой проблемы, позволяя детально настроить автоматический выбор сметных расценок на основе заданных параметров стен. Пример такого выражения представлен на рисунке 1.

Шифр	Объем	Ед.Изм.	Цена	Итого
ГЭСН06-06-001-011	0,1245216	100 м³	-0	-0
ФЕР06-06-001-011	0,1245216	100 м³	8985,46	1118,88

Рисунок 1 – Пример сметной формулы

Это условное выражение анализирует высоту и толщину стены, автоматически назначая соответствующие ГЭСН и ФЕР в зависимости от этих параметров. Таким образом, даже если сметные свойства одной стены дублируются на другие стены в проекте, условные выражения обеспечивают корректный выбор расценок для каждой стены индивидуально, что способствует точности и адекватности сметных расчетов [4][5].

В таблице 1 приведены УВ, используемые для автоматизации сметных расчетов и других задач в строительстве, составляются из различных логических операторов и функций, которые позволяют выполнять сравнения и принимать решения на основе заданных критериев.

Таблица 1. Логические операторы и функции

Сложение	[+]	Вычитание	[-]
Умножение	[*]	Деление	[/]
Процент	[%]	Степень	[^]
Равно	[=]	Больше	[>]
Больше или равно	[>=]	Меньше	[<]
Меньше или равно	[<=]	Если	[IF]
И	[AND]	Или	[OR]
Не	[NOT]	Пи	[PI]

Применение условных выражений в сметных расчетах открывает новые горизонты для точности и детализации при оценке стоимости строительных

проектов. Этот подход позволяет учитывать множество параметров каждого элемента проекта, обеспечивая тем самым высокую степень адаптации смет к реальным условиям строительства. Благодаря возможности добавления условий BIM-сметчики могут генерировать более точные и обоснованные сметы, что способствует минимизации ошибок, экономии времени и оптимизации затрат [6].

Подводя итоги, можно сказать, что, использование условных выражений для интеграции цифровой информационной модели здания и сметных расценок демонстрирует значительные преимущества в современной строительной индустрии. Этот подход позволяет значительно повысить точность, скорость и экономическую эффективность процессов проектирования и строительства. Автоматизация выбора сметных расценок на основе параметров из BIM-модели способствует минимизации ошибок, сокращению времени на подготовку смет и оптимизации затрат. Применение условных выражений обеспечивает гибкость и адаптацию смет к реальным условиям строительства, что важно для бюджетирования и планирования проектов. В целом, интеграция цифровых технологий в сметное дело открывает новые возможности для повышения общей эффективности и сокращения издержек в строительной отрасли.

Отдельно хочу поблагодарить Подольского Константина Владимировича, руководителя отдела внедрения цифровых продуктов компании ЗАО «ВИЗАРДСОФТ», за профессиональную консультацию, которая способствовала подготовке данной статьи.

Библиографический список

1. «Сметно-нормативная база ценообразования в строительстве»//База знаний ЦК. [Электронный ресурс] URL: <https://ckds.mos.ru/kb/22/321-2> (дата обращения: 24.02.2019)
2. УТ: *True BIM*. «Автоматизированная BIM смета – сказка или реальность?». 15.03.2023 [Электронный ресурс] URL: <https://www.youtube.com/watch?v=aY6TrpQAtWU> (дата обращения: 24.02.2024)
3. *Дьячева Ирина*. «Создание смет на основе информационной модели» //Блог ИНФАРС - публикации САПР и BIM. 26.09.2017 [Электронный ресурс] URL: <https://infars.ru/blog/sozдание-smet-na-osnove-informacionnoj-modeli/> (дата обращения: 24.02.2024)
4. «Как расшифровать смету и читать ее» //Образовательный портал сметчика. 02.07.2021 [Электронный ресурс] URL: <https://smetchik.com/info/metodologiya-smetnogo-dela/kak-rasshifrovat-i-chitat-smetu/> (дата обращения: 24.02.2024)
5. «Государственные Элементные Сметные Нормы» // ФСНБ-2001. [Электронный ресурс] URL: <http://defsmeta.com/> (дата обращения: 25.02.2024)
6. *Ольга Трошева*. «BIM технологии – замена сметчикам?» //Блог Академии сметного дела. 01.07.2024 [Электронный ресурс] URL: <https://academia-bti.ru/blog/967555> (дата обращения: 25.02.2024)

Кренив Петр Петрович, студент 2 курса 5 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. **К.Ю. Лосев**

КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ С ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛЮ

Введение

Сложные вопросы управления информацией в управлении проектами требуют постоянного принятия решений для поддержания процессов текущего планирования с помощью постоянно обновляемых проектных материалов. Для решения упомянутых вопросов в строительной отрасли внедряется широкий спектр информационно-коммуникационных технологий управления информацией, улучшения командной работы, координации и обеспечения поступательного внедрения этих технологий. В результате разработки новых программных продуктов постоянно растет интеграция технических разработок в управлении строительством с точки зрения бюджетного контроля, снижения затрат, внесения постоянно обновляющихся данных о проекте и составления новых план-графиков. Проектное управление в целом – это вид деятельности, который предполагает постоянные изменения условий, сроков и ресурсов для достижения ключевых целей проекта. Строительная отрасль – не исключение [1]. Современное строительство активно внедряет цифровые технологии с целью повышения эффективности управления проектами и оптимизации таких процессов, как актуализация данных проекта. Объектом исследования данной статьи является одно из ключевых направлений отрасли - интеграция системы управления строительными проектами с цифровой информационной моделью (ЦИМ). Ранее в различных областях было проведено несколько исследований влияния, преимуществ и недостатков интеграции системы управления строительного сектора с ЦИМ. Тем не менее, влияние такой интеграции на безопасность, предотвращение задержек и энергоэффективность еще предстоит узнать. Это является основной причиной продолжающегося преодоления строительной отраслью целого ряда проблем, связанных с управлением проектами. Поскольку управление проектами является важнейшим компонентом каждого успешного строительного проекта, важно понимать, как можно обеспечить интеграцию системы управления строительными проектами с ЦИМ, а также что необходимо сделать, чтобы данная интеграция приносила наибольшую эффективность. Следовательно, целью данного исследования является применение интеграции информационной системы управления строительными проектами с ЦИМ и определение эффективности данной

концепции по сравнению с традиционным подходом с точки зрения управления проектами [2].

Концепция интеграции системы управления строительными проектами с цифровой информационной моделью представляет собой стратегический подход, направленный на совмещение данных и процессов управления проектами с трехмерной моделью здания, содержащей всю необходимую информацию о его элементах, характеристиках и структуре. В данной статье рассматривается концепция интеграции системы управления строительными проектами с ЦИМ для повышения эффективности управления проектами, сокращения временных и финансовых затрат, улучшения коммуникации между участниками проекта, а также для обеспечения более качественного контроля и анализа процессов строительства. Далее будут рассмотрены основные положения интеграционного взаимодействия.

Основные положения концепции

Основное отличие ЦИМ объекта капитального строительства от информационной модели объекта капитального строительства в более сложном способе представления данных: цифровой объектно-пространственный вид против простого электронного вида [3, 4]. В ходе формирования ЦИМ зданий и их инженерных систем каждый элемент наполняется атрибутами, содержащими какую-либо информацию. Целостность модели, ее связность по любым изменениям атрибутивных представлений модели дает возможность осуществлять как сквозное, так и параллельное моделирование, сохраняя проекты в рамках одной базы данных, что является основополагающим фактором для целесообразности интеграции моделей с системами управления строительными проектами [3, 4]. На любом этапе жизненного цикла проекта цифровые информационные модели могут использоваться для оценки требований и организации задач управления жизненным циклом строительных объектов с использованием цифровых инструментов. Информационная система управления строительными проектами представляет собой облачную многопользовательскую систему с набором инструментов автоматизации основных бизнес-процессов. Использование информационной системы управления проектами предоставляет следующие возможности:

- комплексное управление строительными проектами;
- финансовый учет бюджетных аспектов строительства;
- автоматизация основных процессов взаимодействия с проектными и подрядными организациями;
- согласования и подписи в процессе документооборота;
- обмен электронными документами между участниками инвестиционно-строительного проекта;
- учет и визуализация ТИМ-моделей объектов капитального строительства;

- консолидация и обработка информации о ходе реализации строительного проекта;
- организация доступа к информации о планируемых и реализуемых объектах [5].

ЦИМ содержит свойства объекта, зачастую в параметрической форме, на основании значений которых формируется проектно-сметная документация. В ходе реализации строительного проекта вносится Множество изменений в динамике инвестиционно-строительного проекта, несут необходимость внесения изменений в уже написанную документацию. Правила формирования информационной модели зданий описаны в постановлении Правительства Российской Федерации № 1431 от 15.09.2020. Для реализации интеграции необходимо использовать XML-схемы строительной документации, разработанные и утвержденные Минстроем России [6]. В настоящее время наиболее популярным инструментом информационного моделирования является Renga. Она представляет собой комплексный инструмент, позволяющий создавать трехмерные информационные модели зданий, выполнять архитектурное проектирование, проектирование инженерных систем, визуализацию проектов, работу с документацией и многое другое. Схема информационных потоков интеграции представлена на рисунке 1.

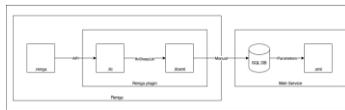


Рисунок 1 - Схема информационных потоков

После формирования информационной модели здания необходимо экспортировать модель в формат IFC. Для дальнейшей работы требуется конвертировать полученный файл в формат IFCXML с использованием пользовательского плагина, разработанного на языке программирования JavaScript и основанного на библиотеке ifcSharpLib, предназначенной для экспорта и конвертации данных в формат IFCXML. Для обеспечения взаимодействия плагина с программным обеспечением Renga используется открытый API. Далее полученный файл в формате IFCXML загружается в реляционную базу данных информационной системы управления проектами с помощью специально разработанного интерфейса веб-сервиса. Необходимые параметры из файла загружаются в модуль системы управления проектами и обновляются в строительном документе, представленном в формате XML.

Результаты

Данный процесс обеспечивает эффективную интеграцию информационной модели здания, созданной в Renga, с системой управления проектами, что позволяет улучшить управление проектом и обеспечить

актуальность данных в рамках строительного процесса. Внедрение цифровой информационной модели в строительные проекты привело к возникновению потребности в интеграции с системами управления проектами, что создает мощный инструмент для эффективного управления и координации проектами строительства. Несмотря на недостаточную изученность данного вопроса с точки зрения технической сложности и стандартизации обмена данными между различными системами и организациями, можно перечислить явные на текущий момент преимущества внедрения данной концепции:

- Интеграция позволяет связать и согласовать данные между действующими лицами всех стадий жизненного цикла зданий и сооружений.

- Доступ к актуальной информации из ЦИМ позволяет принимать лучшие и более обоснованные решения в процессе управления проектами в кратчайшие сроки.

- Интеграция способствует обновлению и синхронизации данных между системами, минимизируя риск ошибок и несоответствий.

Интеграция системы управления проектами с цифровой информационной моделью предоставляет значительное преимущество для эффективного управления и координации строительными проектами.

Библиографический список

1. Волков М.М., Жулина М.Н. Практические проблемы управления инвестиционно-строительными проектами в сфере капитального строительства // Актуальные вопросы экономических наук. 2015. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prakticheskie-problemy-upravleniya-investitsionno-stroitelnyimi-proektami> (дата обращения: 24.02.2024).

2. Гусева Г.В., Астафьев С.А. Интеграция технологий информационного моделирования и интернета вещей в строительстве // СМИ (медиа) и массовые коммуникации. – 2020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/integratsiya-tehnologiy-informatsionnogo-modelirovaniya> (дата обращения: 24.02.2024).

3. Градостроительный кодекс Российской Федерации: принят Государственной Думой 22.12.2004, одобрен Советом Федерации 24.12.2004. (дата обращения: 24.02.2024).

4. СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла. Применяется с 01.07.2021. Заменяет СП 333.1325800.2017.

5. Общие требования на основе лучших региональных практик по составу и содержанию типовых методических рекомендаций по организации электронного документооборота технической документации в области строительства в субъекте Российской Федерации URL: <https://roskapstroy.ru/upload/metod-rekomend-vert.pdf> (дата обращения: 24.02.2024).

6. Министерство строительства Российской Федерации. XML-Схемы [Электронный ресурс] URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/tim/xml-skhemy> (дата обращения: 24.02.2024).

Ксёндз Мария Вячеславовна, студентка 4 курса 8 группы ИЦТМС
 Научный руководитель –
 канд. техн. наук, доц. **Ю.Г. Жеглова**

РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНОЙ МОДЕЛИ ЗАТРАТ НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ С ПОМОЩЬЮ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

Разработка прогностических моделей для оценки затрат на строительные работы является важным направлением в области строительной индустрии. Она позволяет строительным компаниям и заказчикам более точно оценивать будущие расходы, планировать бюджеты проектов и принимать обоснованные решения [1].

Первым шагом является сбор данных о различных строительных проектах. Эти данные могут включать информацию о бюджете на проект, физическом объеме работ, использованных материалах, временных рамках, трудозатратах и других факторах, влияющих на затраты.

На следующем этапе определяются независимые переменные (факторы, влияющие на затраты) и зависимая переменная (суммарные затраты на строительные работы). После сбора данных проводится предварительный анализ для выявления возможных взаимосвязей между различными переменными.

Была проанализирована работа компании за период с 2019-2023 год. На основании проведенного регрессионного анализа была установлена зависимость затрат предприятия (рисунок 1), выбран вид линии тренда для общих затрат и затрат на строительные работы [2].

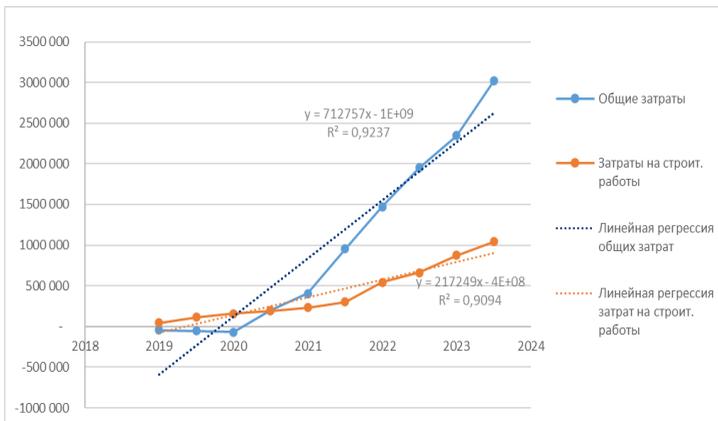


Рисунок 1 - Динамика общих затрат предприятия и затрат на строительные работы (с 2019 по 2023 год)

Целью данной работы является разработка управленческого решения для эффективного контроля расходов в строительном процессе с целью обеспечения финансовой устойчивости и повышения эффективности.

Планируется снижение затрат на строительные работы за счет оптимизации использования ресурсов и снижения расходов на рабочих. Это позволит повысить рентабельность проектов, улучшить управление финансами и обеспечить более эффективную реализацию строительных процессов [3].

Исходные данные для решения оптимизационной задачи: объем ресурсов для каждого рабочего b_i ($i = \underline{1}, n$), [дн.], нормы расхода ресурсов для каждого вида работ a_{ij} ($i = \underline{1}, n; j = m$), $[\frac{дн}{м^2}]$, стоимость работы на объекте c_j , ($j = \underline{1}, m$), $[\frac{тыс.руб.}{м^2}]$. Необходимо разработать управленческое решение позволяющее снизить затраты и определить оптимальное количество ресурсов n для каждого вида работ m [4].

Полученная прогностическая модель затрат может быть использована для оптимизации бюджетирования, планирования ресурсов и принятия управленческих решений в строительной компании. Это позволяет минимизировать риски непредвиденных (рисунок 2).

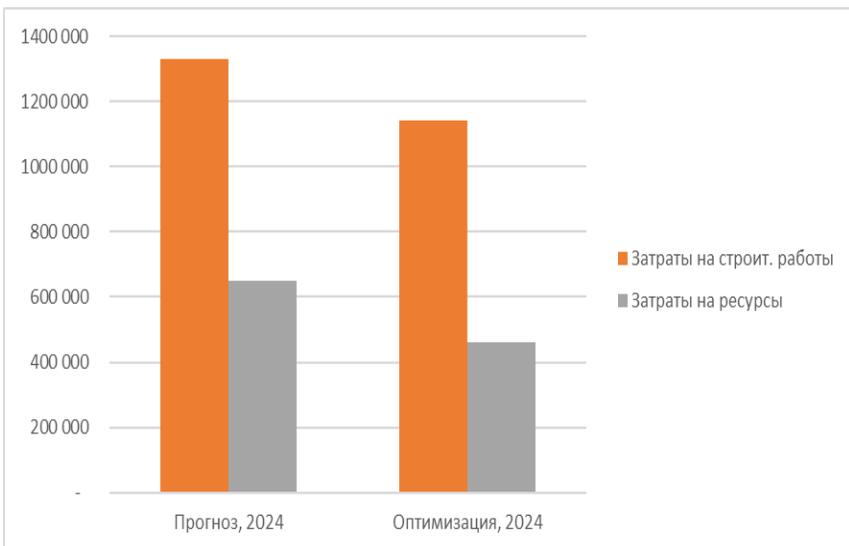


Рисунок 2 - Затраты на строительные работы и ресурсы до и после оптимизации на 2024 год

Разработка прогностической модели затрат на строительные работы с помощью регрессионного анализа является мощным инструментом, который помогает компаниям в строительной отрасли более точно планировать и контролировать свои расходы, обеспечивая успешное выполнение проектов и повышение конкурентоспособности [5].

В результате решения задачи было получено, что затраты на ресурсы в 2024 году составят 460 тыс. руб., а прогнозное значение затрат на ресурсы составляет 650 тыс. руб., что демонстрирует сокращение затрат на ресурсы на 29%.

Библиографический список

1. *Григорьева, С.В.* Реализация моделей исследования операций: практическое занятие/ С.В. Григорьева (дата обращения: 15.02.2024).
2. *Линейный регрессионный анализ* // Центр статистического анализа URL: <https://www.statmethods.ru/statistics-metody/regressionnyj-analiz/> (дата обращения: 15.02.2024).
3. *Гинзбург, В. М.* План-конспект лекций по курсу «Проектирование организационно-технологических задач строительства»: учебное пособие / В. М. Гинзбург. – Москва: МГСУ, 2010. – 51 с.
4. АО «Профессиональный строитель»: сайт. - URL: <https://ao-ps.ru/company.html> (дата обращения: 15.02.2024).
5. *Судариков, С. А.* Экономическая оптимизация: теория и практика: учебное пособие/ С. А. Судариков, Н. Г. Грек, К. А. Бахренькова. – Минск: ТетраСистемс, 2012. – 320 с.: табл., граф., ил. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=111922> (дата обращения: 15.02.2024).

Лоткин Виктор Станиславович,
студент магистратуры 2 курса 5 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
проф., д-р техн. наук, проф. С.И. Евтушенко

ПРИМЕНЕНИЕ ТИМ ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИЙСКОМ ЦОДОСТРОЕНИИ

Введение

Правительством РФ поддерживается концепция цифровизация всей экономики РФ, которая усложнилась в связи с непростой геополитической обстановкой в России, осложняющей удовлетворение стремительно растущего спрос на услуги ЦОД [1].

Операторы ЦОД сталкиваются с огромным рядом проблем, которые мешают им модернизировать и расширять свои мощности и даже с поддержанием работоспособностью, обусловленных исходом иностранных фирм с Российского рынка.

Одной из наиболее простой такой проблемы является рост цен на необходимое оборудование для обеспечения надежности и устойчивости дата-центров, включая дизель-генераторные установки, источники бесперебойного питания, системы охлаждения и другие компоненты, которые частично решаются параллельными импортом и широкому импортозамещению этих компонент на Российском рынке.

В 2023 году мощность российских центров обработки данных (ЦОД) выросла на 21% и достигла 70,3 тыс. стоек. Лидером рынка является "Ростелеком-ЦОД" с долей рынка около 30% [2].

По мнению экспертов, на отечественном рынке ЦОДов не хватает финансовой поддержки. ЦОДы являются довольно инвестиционно емкими проектами, и большинство компаний, занимающихся обеспечением инженерной IT-инфраструктуры, не получают достаточной поддержки.

В 2022 году российский рынок услуг ЦОДов вырос на 28,1% и достиг 89,1 млрд рублей. Основную долю рынка занимают облачные услуги (cloud) и услуги размещения клиентского оборудования в ЦОДах (colocation) [3].

Ожидается, что в 2023 году рост по направлениям cloud и colocation составит 20-22% и 30-40% соответственно [4].

В последние годы в мире наблюдается бурный рост строительства ЦОД. Это связано с тем, что все больше предприятий переходят на облачные технологии, которые требуют наличия мощных и надежных центров обработки данных.

В России также наблюдается рост строительства ЦОД, однако он отстает от мировых тенденций.

Одним из факторов, сдерживающих развитие российского ЦОДостроения, является отсутствие единых стандартов и норм проектирования и строительства ЦОД [5].

В результате, каждый ЦОД строится по индивидуальному проекту, что приводит к увеличению стоимости и сроков строительства.

Для решения этой проблемы в России набирают популярность ТИМ технологии. ТИМ (Технология информационного моделирования) — это процесс создания и использования цифровой модели здания или сооружения, которая содержит всю необходимую информацию для его проектирования, строительства и эксплуатации.

ТИМ технологии позволяют сократить сроки проектирования и строительства ЦОД за счет того, что цифровая модель здания или сооружения может быть использована для автоматизации многих процессов. Например, ТИМ модель может быть использована для автоматического создания чертежей, спецификаций и смет [6].

Применение ТИМ технологий в ЦОДостроении

Современные средства автоматизации проектирования с применением ТИМ позволяют создавать виртуальные модели объекта на ранних этапах проектирования. Важно отметить, что на этом этапе можно увидеть, как все системы взаимодействуют в едином целом. Необходимые данные добавляются в модель на протяжении всего жизненного цикла объекта и могут использоваться для бизнес-планирования, проектирования, организации работ на различных участках проекта, закупки материалов, монтажных работ, сборки, строительства и ввода в эксплуатацию [7].

Применение ТИМ технологий в ЦОДостроении позволяет:

- Сократить сроки проектирования и строительства ЦОД;
- Уменьшить стоимость строительства ЦОД;
- Повысить качество проектирования и строительства ЦОД;
- Обеспечить более эффективную эксплуатацию ЦОД.
- Сокращение сроков проектирования и строительства ЦОД
- Уменьшение стоимости строительства ЦОД

Повышение качества проектирования и строительства ЦОД

Применение ТИМ технологий позволяет повысить качество проектирования и строительства ЦОД за счет того, что цифровая модель здания или сооружения позволяет выявлять ошибки и недочеты на ранних стадиях проектирования.

Кроме того, ТИМ модель может быть использована для проверки соответствия проекта требованиям нормативных документов [8].

В рамках разработки центров обработки данных ключевыми этапами использования ТИМ технологий являются:

1. Создание виртуальной модели

а. Сбор данных о существующей инфраструктуре ЦОД, включая расположение оборудования, кабельные соединения, системы охлаждения и электропитания.

b. Создание виртуальной модели ЦОД с использованием программного обеспечения для моделирования.

c. Валидация виртуальной модели путем сравнения ее с реальным ЦОД.

2. Анализ размещения оборудования

a. Использование виртуальной модели для анализа различных вариантов размещения оборудования в ЦОД.

b. Оценка вариантов размещения оборудования по таким критериям, как энергопотребление, охлаждение, кабельные соединения и доступность.

c. Выбор оптимального варианта размещения оборудования.

3. Интеграция с инструментами планирования

a. Интеграция виртуальной модели ЦОД с инструментами планирования, такими как программное обеспечение для управления проектами и программное обеспечение для управления активами.

b. Использование интегрированной модели для планирования строительства, эксплуатации и обслуживания ЦОД.

c. Обновление виртуальной модели по мере изменения инфраструктуры ЦОД.

Заключение

Внедрение ТИМ технологий в российское ЦОДостроение имеет ряд существенных перспектив. ТИМ технологии позволяют оптимизировать процессы проектирования, согласования, возведения и эксплуатации ЦОД, что приводит к снижению сроков и стоимости их создания, а также повышению качества и надежности.

ТИМ технологии позволяют создать единую информационную среду для всех заинтересованных сторон проекта ЦОД, что обеспечивает эффективное взаимодействие и координацию их действий.

Это приводит к сокращению времени на согласование проектных решений, а также снижает риск возникновения ошибок и недоработок.

Использование ТИМ технологий позволяет осуществлять комплексное моделирование ЦОД, что позволяет учесть все факторы, влияющие на его работу, и оптимизировать его архитектуру и инженерные системы. Это приводит к повышению энергоэффективности ЦОД, а также снижению его эксплуатационных расходов.

Внедрение ТИМ технологий в российское ЦОДостроение позволит повысить качество и надежность ЦОД, а также снизить их стоимость и сроки создания. Это будет способствовать развитию цифровой экономики России и повышению ее международной competitiveness.

Внедрение ТИМ технологий в российское ЦОДостроение позволит:

- Сократить сроки проектирования и возведения ЦОД на 20-30%;
- Снизить стоимость создания ЦОД на 10-15%;
- Повысить качество и надежность ЦОД;
- Улучшить эксплуатационные характеристики ЦОД;
- Повысить энергоэффективность ЦОД;

- Снизить эксплуатационные расходы ЦОД;
- Повысить уровень безопасности ЦОД;
- Улучшить взаимодействие между заинтересованными сторонами проекта ЦОД;
- Повысить эффективность управления проектом ЦОД.

Внедрение ТИМ технологий в российское ЦОДостроение позволит создать современные, надежные и энергоэффективные ЦОД, которые будут отвечать требованиям цифровой экономика России.

Для успешного внедрения ТИМ технологий в российское ЦОДостроение необходимо решить ряд проблем, таких как:

- Отсутствие единых стандартов и методик применения ТИМ технологий в ЦОДостроении;
- Недостаток специалистов, владеющих ТИМ технологиями;
- Низкий уровень осведомленности о ТИМ технологиях среди заказчиков и подрядчиков ЦОД;
- Отсутствие государственной поддержки внедрения ТИМ технологий в ЦОДостроении.

Для решения этих проблем необходимо разработать единые стандарты и методики применения ТИМ технологий в ЦОДостроении, а также организовать обучение специалистов по работе с ТИМ технологиями.

Кроме того, необходимо повысить уровень осведомленности о ТИМ технологиях среди заказчиков и подрядчиков ЦОД, а также разработать меры государственной поддержки внедрения ТИМ технологий в ЦОДостроении.

Внедрение ТИМ технологий в российское ЦОДостроение является перспективным направлением, которое позволит повысить качество и надежность ЦОД, а также снизить их стоимость и сроки создания.

Для успешного внедрения ТИМ технологий необходимо решить ряд проблем, таких как отсутствие единых стандартов и методик, недостаток специалистов, низкий уровень осведомленности и отсутствие государственной поддержки.

Библиографический список

1. «Цифровая экономика РФ» [Электронный ресурс] URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858>
2. Мощность российских дата-центров выросла на 21% в 2023 году [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/news/760982>
3. ЦОД (рынок России) Коммерческие дата-центры [Электронный ресурс] URL: <https://www.tadviser.ru/index.php>
4. Мощность российских дата-центров выросла более чем на 20% в 2023 году URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2023/09/14/995074-moschnost-rossiiskih-data-tsentrov-virosla?ysclid=lt2jui0yvd2484372728>
5. Непринятый рынком стандарт [Электронный ресурс] URL: <https://telesputnik.ru/materials/gov/article/neprinyatyy-rynkom-standart>

6. Информационная модель объектов строительства: понятие, форматы, наполнение URL: <https://stroj.mos.ru/interviews/informatsionnaia-modiel-objektov-stroitel-stva-poniatie-formaty-napolneniie?from=cj>

7. ТИМ (ТИМ)-моделирование: этапы и применение в различных отраслях [Электронный ресурс] URL: <https://maspk.ru/news/ТИМ-modelirovanie-etapy-i-primenenie-v-razlichnykh-otraslyakh/> (дата обращения 11.12.2023).

8. Понятие ТИМ технологии в проектировании: что такое информационное моделирование зданий в строительстве URL: <https://sapr-soft.ru/stati/ponyatie-ТИМ-tekhnologii?ysclid=lt2lwdr0ef762369204> (дата обращения 10.12.2023).

9. Булыгина, О.А. Применение информационного моделирования в строительстве [Текст] / О. А. Булыгина, М. В. Татарникова // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 322. – No 1. – С. 106–110.

10. Информационные системы и технологии в строительстве [Электронный ресурс]: учебное пособие / [А. А. Волков и др.]; под ред. С. Н. Петровой; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — 2-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 425 с.). — Москва: Издательство МИСИ—МГСУ, 2017.

11. Информационные системы и технологии в строительстве [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.А.Волков [и др.]. М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015.— 424 с.— www.iprbookshop.ru/40193

12. Кузина, О. Н. Инфография в строительстве [Электронный ресурс]: курс лекций: в 2 ч. Часть.2. / Московский государственный строительный университет. - Москва: МГСУ, 2015. - ISBN 978-5-7264-0969-6. <http://lib-04.gic.mgsu.ru/lib/2016/7.pdf>

*Малеванный Владимир Андреевич, студент 4 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. К.Ю. Лосев*

РАЗВИТИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИИ ОКС: СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В современном мире информационное моделирование играет ключевую роль в проектировании объектов капитального строительства, включая электроснабжение объектов капитального строительства (ОКС). Стремительное развитие технологий и повышение требований к эффективности и точности проектирования требуют новых подходов к созданию информационных моделей, способных адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям проекта. В данной статье рассмотрим применение параметрических моделей в контексте электроснабжения ОКС и их роль в автоматизации процессов информационного моделирования.

Сфера информационного моделирования ОКС сталкивается с рядом вызовов, включая необходимость оптимизации процессов, уменьшения ошибок и затрат на обслуживание. Традиционные методы моделирования часто требуют много времени и ресурсов, а также подвержены человеческим ошибкам, откуда появляется необходимость разработать новые подходы, которые позволят ускорить процесс создания моделей, улучшить их точность и снизить риск возникновения ошибок.

Методы

Одним из ключевых методов решения этой проблемы является применение параметрического моделирования. Параметрические модели позволяют создавать объекты с набором параметров, которые могут быть легко изменены в зависимости от требований проекта. Это позволяет значительно ускорить процесс создания и модификации моделей, а также повысить их точность и согласованность. Кроме того, для создания и использования параметрических моделей могут быть использованы специализированные инструменты и технологии, такие как Renga, STDL, JSON и Lua. Эти инструменты предоставляют широкие возможности для автоматизации процессов создания и использования информационных моделей, что позволяет существенно повысить эффективность проектирования.

Схема алгоритма создания и внедрения параметрической модели

Определение параметров объектов: Определение набора параметров, которые будут учитываться при создании параметрических моделей.

Проектирование параметрических объектов: Создание параметрических моделей компонентов системы электроснабжения с учетом определенных параметров.

Совместное взаимодействие с другими программными средствами: Обмен данными между различными программными средствами для обеспечения совместимости и целостности информационной модели.

Интеграция в данном контексте означает объединение различных компонентов или систем в единое целое. В случае нашей темы, это означает объединение различных программных средств или платформ, используемых для информационного моделирования электроснабжения ОКС, таких как Renga, средствами обмена данными, такими как JSON и STDL, и расширение функциональности с помощью языка программирования Lua.

Автоматизация процесса моделирования через создание пользовательских скриптов и автоматизированных процедур для ускорения процесса создания и использования параметрических моделей представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Последовательность проектирования модели объекта

В результате применения параметрических моделей и современных технологий автоматизации проектирования в электроснабжении ОКС достигается существенное улучшение эффективности и точности

информационного моделирования. Параметрические модели позволяют создавать гибкие и адаптивные модели, способные учитывать изменяющиеся требования проекта, а использование специализированных технологий упрощает процесс создания и использования этих моделей.

Параметрические модели в этом контексте не просто обеспечивают гибкость и адаптивность моделирования, но также являются основой для автоматизации процессов проектирования электроснабжения.

Создание параметрических моделей компонентов электроснабжения позволяет быстро и легко адаптировать их к различным условиям и требованиям проекта, что существенно сокращает время разработки и повышает качество проекта.

Автором в данной статье предложено использовать параметрические модели для создания единого информационного пространства, где данные о компонентах электроснабжения могут быть легко обмениваться и интегрироваться с другими частями информационной модели объекта капитального строительства. Это позволит улучшить согласованность и надежность информационной модели в целом. Также обращено внимание на важность указанного подхода в контексте электроснабжения, где даже незначительные ошибки проектирования могут привести к ощутимым последствиям эксплуатации.

Библиографический список

1. *Обухов С.Г.* Математическое моделирование в системах электроснабжения //Издательство Томского политехнического университета. 2014. № 6-1 (69). С. 9-10, 14-16. [Электронный ресурс] URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/s/SHANENKOVII/academics/Tab6/Tab2/UP.pdf> (дата обращения: 24.02.2024)
2. *Симонов П.М.* Математическое моделирование//Издательство Пермского государственного национального исследовательского университета. 2019. С. 22-26. [Электронный ресурс] URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/economiko-matematicheskoe-modelirovanie-simonov-1.pdf> (дата обращения: 23.02.2024)
3. *Советов Б.Я.* Моделирование систем практикум: учебное пособие для бакалавров// Москва: Издательство Юрайт. 2022. С. 130-135. [Электронный ресурс] URL: <https://urait.ru/viewer/modelirovanie-sistem-praktikum-545164#page/1> (дата обращения: 24.02.2024)
4. *Волкова В.Н.* Моделирование систем. Подходы и методы//Издательство СПбГПУ. 2013. С. 10-22. [Электронный ресурс] URL: <https://elib.spbstu.ru/dl/2/si21-965.pdf/info> (дата обращения: 22.02.2024)
5. *Акопов А.С.* Имитационное моделирование//Издательство Юрайт. 2017. С. 11-14. [Электронный ресурс] URL: <http://simulation.su/uploads/files/default/2017-akopov-uch-prakt.pdf> (дата обращения: 24.02.2024)

*Мышкин Александр Владимирович, студент 4 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук Н.В. Князева*

НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ В ОБЛАСТИ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ

В современном информационном обществе цифровые технологии играют ключевую роль во многих сферах деятельности. Для строительной отрасли цифровизация также важное и перспективное направление. С повышением сложности проектов растут требования к качеству данных, используемых на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства. В последние годы отраслевые эксперты все больше признают роль технологий информационного моделирования в процессе цифровизации строительства. Однако наблюдается острая необходимость в формировании собственных программных средств для работы и оценки цифровых информационных моделей зданий (ЦИМ). При проведении анализа ЦИМ с использованием веб-технологий важно учитывать требования нормативной документации, которая определяет подходы и правила, регулирующие этот процесс [1][2].

Стандарты ГОСТ Р 10.0.02-2019 [3] и ИСО 16739-1:2018 [4] являются ключевыми регулирующими документами, ориентированными на область архитектурного проектирования и моделирования информации. Они основаны на принципах, которые направлены на установление общих стандартов и процедур для создания, хранения, обмена и анализа цифровых информационных моделей.

Эти стандарты предусматривают унифицированный подход к описанию информации о зданиях, сооружениях и объектах инфраструктуры с использованием структурированных данных. Они определяют основные понятия, термины и классификации, используемые при моделировании, а также структуру данных и методы их организации.

ГОСТ Р 10.0.02-2019 разработан на основе ИСО 16739-1:2018, что обеспечивает согласованность и взаимопонимание между национальной и международной нормативными базами, создавая единые стандарты и требования для цифрового проектирования и моделирования. ИСО 16739-1:2018 определяет общепринятые международные стандарты для моделирования информации о зданиях и строительных объектах, в то время как ГОСТ Р 10.0.02-2019 адаптирует эти стандарты к требованиям и особенностям Российского законодательства и практики. Структура стандартов состоит из разделов, описывающих основные принципы моделирования, классификацию элементов информационной модели, правила организации данных, форматы обмена информацией, а также рекомендации по использованию стандартов в практической деятельности.

Для обеспечения совместимости и единообразия данных между различными ЦИМ веб-приложения могут применять данный стандарт, что позволяет пользователям загружать, просматривать и редактировать информацию о зданиях, созданных в разных средах информационного моделирования.

При создании и управлении информационными системами, которые взаимодействуют друг с другом на различных этапах жизненного цикла зданий и сооружений и применяют технологию информационного моделирования для строительства необходимо опираться на СП 331.1325800 [5].

Среди других документов важно учитывать положения ПНСТ 909-2024 [6], который обобщает требования к ЦИМ для жилых зданий, а следовательно, дает возможность регулировать проведение анализа информационной модели. Этот стандарт также устанавливает правила информационного обмена и основывается на СП 331.1325800 в части обеспечения интероперабельности и ГОСТ Р 10.0.02 в части схем данных для информационного наполнения для сценариев применения технологий информационного моделирования.

Стандарты BuildingSMART представляют собой набор руководящих принципов, методологий и форматов, разработанных для улучшения процессов проектирования, строительства и эксплуатации зданий с использованием информационного моделирования зданий. Один из важных аспектов стандартов BuildingSMART — это их открытый и гибкий характер. Они предоставляют общие принципы и форматы для создания цифровых моделей зданий, которые могут быть легко адаптированы к различным строительным проектам и потребностям различных стран и отраслей. Это обеспечивает единый язык и стандарты для взаимодействия между участниками проекта, улучшая коммуникацию и сотрудничество. Основным преимуществом стандартов BuildingSMART является их способность обеспечивать интероперабельность между различными программными продуктами и платформами BIM. Также эти стандарты активно развиваются и обновляются в соответствии с изменяющимися потребностями отрасли и технологическими возможностями. Одним из ключевых стандартов BuildingSMART является Industry Foundation Classes (IFC) [7] — это открытый стандарт для обмена и моделирования информации о зданиях и строительных объектах. IFC представляет собой независимый от поставщика формат файла, который позволяет описывать геометрическую и негеометрическую информацию об объектах, материалах, конструкциях и процессах, связанных с зданиями и инфраструктурой. Этот стандарт позволяет различным участникам проекта обмениваться информацией, сохраняя при этом целостность и согласованность данных.

IFC используется для хранения информации в цифровых информационных моделях путем представления данных в структурированном формате. Для обмена и хранения этой информации IFC

часто представляется в формате JSON (JavaScript Object Notation) [8], который обеспечивает удобство и эффективность в обработке данных.

JSON представляет собой текстовый формат обмена данными, основанный на парах ключ-значение и поддерживаемый различными языками программирования. В контексте цифровых информационных моделей, JSON используется для хранения структурированной информации об элементах здания или объекта инфраструктуры в соответствии с семантикой и форматом, определенными стандартом IFC [9][10]. JSON взаимодействует с IFC следующим образом: сначала данные, содержащие информацию о зданиях и строительных объектах, извлекаются из исходных файлов формата IFC. Затем эти данные преобразуются в формат JSON, который обеспечивает удобочитаемое и легко интерпретируемое представление структурированной информации. В JSON каждый элемент данных представлен в виде объекта, который содержит набор пар ключ-значение, где ключи обозначают атрибуты элемента, а значения представляют соответствующие значения атрибутов. Такая структура обеспечивает компактное и удобочитаемое представление данных, что облегчает их обработку и анализ с помощью программных средств. Пример хранения IFC элементов в формате JSON представлен на рисунке 1.

```
ifcExample.json > {} ifcWall > [ ] Opening > {} 1
2 {
3   "IfcWall": {
4     "GlobalId": "2XWpEw6Mp9h7u0Jg4ye5e",
5     "Name": "Стена в помещении 1",
6     "Description": "Описание стены",
7     "ObjectType": "Стена",
8     "Location": {
9       "X": 10.0,
10      "Y": 5.0,
11      "Z": 0.0
12    },
13    "Width": 0.3,
14    "Height": 3.0,
15    "Length": 10.0,
16    "Material": "Кирпич",
17    "Color": "#FF5733",
18    "Texture": "wall_texture.jpg",
19    "Opening": [
20      {
21        "Name": "Окно 1",
22        "Location": {
23          "X": 5.0,
24          "Y": 1.0,
25          "Z": 1.0
26        },
27        "Width": 1.0,
28        "Height": 1.5
29      },
30      {
31        "Name": "Дверь 1",
32        "Location": {
33          "X": 8.0,
34          "Y": 0.0,
35          "Z": 0.0
36        },
37        "Width": 0.8,
38        "Height": 2.0
39      }
40    ]
41  }
```

Рисунок 1 – Представление IFC файла в формате JSON

Что бы обрабатывать данные цифровой информационной модели и представлять эти данные в графическом формате используются следующие специальные программные средства: WebGL (Web Graphics Library), Babylon.js, IfcOpenShell, IFC.js. Рассмотрим каждый из них более подробно.

Начнем с одной распространенной технологией для языка программирования JavaScript – WebGL (Web Graphics Library). Она представляет собой технологию двумерной и трехмерной графики для веб-приложений.

К основным преимуществам WebGL можно отнести поддержку большинства современных браузеров и разных платформ, а также использование графических ядер на стороне пользователя, что позволяет снизить нагрузку с сервера и использовать технические ресурсы пользователя.

Такое использование ресурсов позволяет создавать комплексные 3D сцены внутри веб-браузера.

Далее рассмотрим библиотеку, предназначенную для создания игр, 3D, дополненной и виртуальной реальности – Babylon.js. Особенности Babylon.js. Выступает высокая производительность, что обеспечивает поддержку сложных трехмерных объектов, имеет широкий спектр инструментов, позволяющий пользователям решать разнообразие задачи. В основе библиотеки лежит мощный движок для генерации физики, который хорошо себя показывает, где необходима большая детализация.

Еще одной важной библиотекой для работы с IFC файлами является IFC.js. Данная библиотека была разработана группой разработчиков, имеющих опыт работы с AEC (Architecture, Engineering & Construction Collection) технологиями.

Данная технология поддерживает работу с различными версиями IFC файлов, а именно IFC2X3, IFC4, IFC4.3, IFC-SPF, IFCJSON, IFCXML и IFCHEDF5. Она идеально подходит для работы с цифровыми информационными моделями.

IfcOpenShell имеет целую экосистему инструментов, таких как обнаружение коллизий, сравнение моделей и конвертирование в более чем 10 различных форматов. Она поддерживает интеграцию с IDS, BCF и bSDD и другими форматами. Библиотека также имеет высокоуровневый интерфейс для работы с моделью, что позволяет выполнять сотни различных задач с минимальным написанием программного кода.

Такие задачи как копирование ЦИМ объектов, расчёт затрат на производство или симуляция 4D может быть выполнена всего за одну строчку кода. Обширное наличие документации, пользовательских руководств, различных курсов и активное сообщество облегчают использование данной библиотеки и значительно снижают порог вхождения.

Подводя итоги, нормативная документация в области анализа ЦИМ представляет из себя обширный набор документов и стандартов,

охватывающих не только государственное правовое поле, но и международное.

Актуальность использования вэб-технологий в эпоху цифровизации как никогда высока и рассмотренные выше нормативные акты и документы различных программных средств подтверждает потребность в развитии этого направления.

Библиографический список

1. Гинзбург А.В., Кулакова В.В., Куликова Е.Н., Малыха Г.Г., Шеина С.Г. Оценка уровня применения информационных технологий // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 9. с. 22-28

2. Кужакова, З. У. Обзор нормативной документации в области bim-моделирования в российской федерации / З. У. Кужакова, А. Х. Байбури // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – Т. 3, № 22. – С. 70-79. – ISSN 1991-9743

3. ГОСТ Р 10.0.02-2019/ISO 16739-1:2018. Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (ifc) для обмена и управления данными об объектах строительства. Национальный стандарт Российской Федерации. – Введ. 09.01.2019. – М.: Минстрой РФ, 2019 – 175 с. (Свод правил Российской Федерации)

4. ISO 16739-1:2018. Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema [Электронный ресурс] // Официальный сайт ISO. - Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/70303.html> (Дата обращения: 21.02.2024)

5. СП 331.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах. URL: <http://www.minstroyrf.ru/docs/16403/> (Дата обращения 21.02.2024)

6. ПНСТ 909-2024 "Требование к цифровым информационным моделям объектов непромышленного назначения. Часть 1. Жилые здания". Москва: Издательство стандартов, 2024. 222с

7. BuildingSMART. Industry Foundation Classes (IFC). [Электронный ресурс]. Доступно по: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>. (Дата обращения: 21.02.2024).

8. Осташев, Р. В. Разработка IFC маппинга для выгрузки информационных моделей архитектурных решений / Р. В. Осташев, С. И. Евтушенко // Строительство и архитектура. – Москва: Том 10 № 2 (35), 2022. – С. 35-42.

9. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. John Wiley & Sons, 2011. - 657 с.

10. Зуева Д.И. Разработка веб-приложения для визуализации 3d-моделей в браузере // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. CXIV междунар. студ. науч.-практ. конф. № 6(113). URL: [https://sibac.info/archive/technic/6\(113\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/6(113).pdf) (Дата обращения: 22.02.2024)

*Павлова Ольга Викторовна, студентка 4 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Е.Х. Китайцева*

ОРГАНИЗАЦИЯ МНОГОВАРИАНТНОГО ПОДБОРА ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Многовариантный подбор отопительных приборов является одним из направлений развития системы подбора отопительных приборов. Он подразумевает предоставление пользователю информации о разных типах отопительных приборов, подходящих под заданные требования к системе отопления. На сегодняшний день данное направление практически не развито – программные комплексы, занимающиеся расчетом систем отопления в целом, а также подбором отопительных приборов как одним из аспектов расчета, не проводят вариантные расчеты приборов.

Это лишает пользователя возможности сделать выбор, используя собственные, неучтенные в ПО.

Организацию многовариантного подбора отопительных приборов следует начинать с изучения двух ключевых аспектов:

1. Состав необходимой информации и способы ее организации.
2. Способы предоставления результатов пользователю.

Для начала рассмотрим состав необходимой информации и способы её организации.

В первую очередь необходимо организовать информацию о приборах. Такой информацией является тип прибора, типоразмер, размерные характеристики, площадь отопительной поверхности прибора.

Подобные данные обычно поступают от производителей конкретных типоразмеров приборов, включают в себя множество технических характеристик и коэффициентов.

Данные о системе отопления, для которой подбираются отопительные приборы, а также условия, которых будет расположен отопительный прибор, являются не менее важными характеристиками, значительно влияющими на то, какой прибор будет подобран.

Когда данные о приборах и системе отопления уже есть, необходимо провести расчеты типоразмеров приборов для заданной системы отопления. Есть различные методики расчетов, в зависимости от которой некоторые характеристики, как приборов, так и систем отопления могут быть опущены. Например, на теплоотдачу прибора влияет способ его окраски, однако это незначительное процентное влияние, которым можно пренебрегать. Наиболее удобным способом организации характеристик и коэффициентов являются таблицы.

В случае многовариантного подбора системы отопления различия будут зависеть исключительно от типоразмеров приборов, имеющих различные

технические характеристики, и коэффициенты для расчетов, зависящие от типоразмера прибора.

Существует несколько критериев, которые могут влиять на личный выбор пользователя:

- Стоимость отопительного прибора;
- Доступность отопительного прибора;
- Тип здания, в котором расположен отопительный прибор;

Первые два критерия основываются на финансовом положении пользователя и его географическом расположении. Последний же критерий стоит рассмотреть подробнее.

В сфере отопления сформированы критерии подбора отопительных приборов – основная область применения отопительного прибора и длительность пребывания людей в помещениях, описанные в [1].

Чаще всего именно эти характеристики влияют на предпочтения пользователя. Аналогичной характеристикой считаются санитарно-гигиенические требования к приборам, которые подробнее описаны в других источниках [2,3], однако по сути совпадают с [1]:

- При длительном пребывании людей в обычных условиях рекомендуют применять приборы конвективного и конвективно-радиационного видов.

- Приборы для производственных зданий характеризуются возможностью обеспечить повышенную тепловую плотность по длине.

- Для административных зданий рекомендуется устанавливать конвекторы без кожуха, для гражданских – радиаторы и конвекторы с кожухом.

- В помещениях, предназначенных для кратковременного пребывания людей обычно отдают предпочтение приборам, имеющим высокие технико-экономические показатели.

Кроме этого, многие другие элементы системы отопления оказывают влияние на ее теплоотдачу, что подробнее изучается в [4], а влияние методики теплового расчета в [5].

Один из современных способов представления данных является Dashboard. Под данным термином подразумевается панель с набором схем, таблиц и графиков, которые отображают данные. Dashboard считается удобным способом представления данных, который можно адаптировать под конкретную цель [6]. Есть несколько видов по основным требуемым целям [7]:

- Аналитический – помогает ознакомиться с тенденциями и сделать выводы из представленных данных. Они создаются для проведения аналитики. С ними работают в основном чтобы документировать отклонения в данных и отслеживать их причины;

- Операционный – предназначен для мониторинга текущей деятельности и позволяют отслеживать ключевые показатели производительности;

● Стратегический – помогает принимать решения на основе показателей, а также прогнозировать будущие результаты;

Dashboard может быть применен в любой сфере, которая нуждается в грамотной организации ключевых данных и их анализе [8]. Его ключевой задачей является предоставление данных в простой и понятной форме, в которой можно будет быстро провести анализ собранной информации и сделать выводы.

При организации Dashboard для многовариантного подбора приборов в первую очередь следует разделить результаты на разные типы приборов.

Это значит, что пользователь может выбрать нужные ему типы приборов и сравнивать только их, не забывая экран лишней информацией о типах приборов, которые не требуются в его случае.

Далее большая часть различий типоразмеров отопительных приборов может быть представлена в виде гистограмм, сравнивающей стоимость приборов, их теплоотдачу, количество секций.

У Dashboard отсутствует стандартная форма представления. Одни данные удобнее представить в виде графика, другие в виде диаграммы. Расположение также не играет большой роли, пока в совокупности все создает органичное пространство, в котором легко ориентироваться. Однако, общая структура у Dashboard все-таки присутствует. Она состоит из трех модулей:

1. Заголовок – модуль, содержащий название;
2. Основная часть – модуль с информационными панелями;
3. Футтер – простыми словами нижний колонтитул, в котором расшифровываются выводы и ключевые значения.

Таким образом, организовать многовариантный подбор отопительных приборов можно с помощью современного и удобного инструмента Dashboard, который будет собирать результаты расчетов по подбору отопительных приборов и предоставлять пользователю ключевую информацию о возможных вариантах.

Библиографический список

1. *Богословский В.Н., Крупнов Б.А., Сканава А.Н. и др.* Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 частях. Часть 1. Отопление / Под ред. И.Г. Старовойра и Ю. И. Шиллера. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1990.

2. *Шелоков Я.М.*, Выбор отопительных приборов // Журнал «Новости теплоснабжения» № 9, 2005 г., URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php (Дата обращения: 22.02.2024).

3. *Еремкин А.И., Королева Т.Н.* Тепловой режим зданий. Тепловой режим зданий: Учебное пособие. - М Издательство АСВ, 2000 - 368 с. ISBN 5-93093-040-6

4. *Петров Д.Ю.* Влияние современных элементов системы отопления на интенсивность ее теплоотдачи // СОК. 2008. №7. URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/vliyanie-sovremennyh-elementov-sistemy-otopleniya-na-intensivnost-ee-teplootdachi> (дата обращения: 22.02.2024).

5. *Усиков С.М., Кузьмин А.Д., Юшкова А.Н.* Влияние методики теплового расчета отопительных приборов на гидравлический режим работы систем водяного отопления // *Инновации и инвестиции.* 2019. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-metodiki-teplovogo-rascheta-otopitelnyh-priborov-na-gidravlicheskiy-rezhim-raboty-sistem-vodyanogo-otopleniya> (дата обращения: 22.02.2024)

6. *Бенко Е.В., Томин Б.П.* Дашборд как эффективный инструмент анализа данных в системе образования // *Научно-методическое обеспечение оценки качества образования.* 2023. №1 (17). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dashbord-kak-effektivnyy-instrument-analiza-dannyh-v-sisteme-obrazovaniya> (дата обращения: 23.02.2024)

7. Типы дашбордов [Электронный ресурс] URL: <https://roistat.com/rublog/typy-dashbordov/> (Дата обращения: 23.02.2024).

8. *Жуковская И.Е.* Место и роль цифровых аналитических платформ в высшем образовании в условиях формирования цифровой экономики // *Тенденции развития электронного образования в России и за рубежом: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 15 мая 2020 г.). - Екатеринбург: УрГЭУ, 2020.-С. 56-60.* (дата обращения: 23.02.2024).

Петренко Данил Максимович,
студент магистратуры 1 курса 4 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. А.А. Сиротский

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОЕКТАМ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Введение

Одной из важнейших задач в теплоэнергетике является выбор системы отопления для индивидуальных жилых домов. Отопление — это искусственный обогрев помещений с целью возмещения в них теплопотерь и поддержания на заданном уровне температуры, отвечающей условиям теплового комфорта и/или требованиям технологического процесса. Под отоплением понимают также устройства и системы, выполняющие эту функцию [1].

Отопление индивидуального дома имеет свои особенности. Частные жилые дома могут различаться по этажности, наличию подвала, мансард, материалу наружных ограждающих конструкций, обеспеченности наружными коммуникациями, географическим положением и т.д. В зависимости от данных особенностей оптимальная система отопления может кардинально различаться. В рамках данной статьи будет рассмотрен одноэтажный частный дом в Смоленской области с проведенным магистральным газом.

Основные требования

Требования к итоговому проекту определяются имеющимися условиями и пожеланиями заказчика. После анализа схожих проектов и обсуждения деталей с заказчиком, были сформулированы следующие основные требования.

1. Использование газа для отопления.
2. Надежность котельной, ее отказоустойчивость.
3. Удобство настройки и управления.
4. Наличие техподдержки производителя оборудования и ПО.
5. Наличие ручного режима управления.
6. Автономность котельной.
7. Обеспечение запаса горячей воды посредством бойлера.
8. Организация каскадной котельной.

Рассмотрим подробнее данные требования.

1) Требование по использованию газовой котельной обусловлено несколькими факторами: дешевизна и доступность топлива, высокие показатели КПД, безопасная эксплуатация, автономность, экологичность, удобство использования, длительный срок службы [2]. Основной принцип работы газового котла достаточно прост. При поступлении холодной воды в систему она направляется через циркуляционный насос в теплообменник.

Далее открывается газовый клапан, после чего в горелку начинает поступать топливо. После срабатывания электророзжига газ загорается и подогревает жидкость в отопительном теплообменнике. Как только теплоноситель достигает заданной температуры, пламя в горелке гаснет.

2) Надежность котельной подразумевает конструктивную надежность ее компонентов и долговечность их работы. Отказоустойчивость подразумевает наличие мер обеспечения безопасности при ЧП. Так, например, в случае отключения электричества в момент, когда был запущен процесс повышения температуры, котельная должна корректно завершить работу или выйти на некий заданный базовый уровень нагрева, не продолжать бесконтрольно повышать температуру.

3) Удобство настройки и управления подразумевает наличие удобного интерфейса и широкий функционал настройки и регулировки котельной. Даже не знакомый с оборудованием пользователь должен быть способен выполнить критически важные операции, такие как включение и выключение котельной.

4) Наличие техподдержки производителя оборудования и ПО. В случае возникновения ошибок и неисправностей в физической или программной части котельной, должна иметься возможность обратиться к компании-производителю за компетентной помощью для скорейшего решения проблемы. Особенно актуальной проблема стала в последние годы, в связи с уходом многих зарубежных производителей с российского рынка.

5) Наличие ручного режима управления на случай отказа автоматики. В случае выхода из строя автоматики, например, в связи с отключением электричества или сбоем в работе ПО системы автоматики, у пользователя должна быть возможность регулировать отопление вручную.

6) Автономность котельной подразумевает возможность временного продолжения работы котельной в случае отключения электричества в доме. Это позволит котельной корректно перейти в аварийный режим работы или же отключить отопление. Реализуется это с помощью установки системы резервного питания.

7) Наличие запаса горячей воды в бойлере. В котельной должен быть установлен бойлер для постоянного обеспечения жильцов горячей водой. Данный пункт исключает применение двухконтурных котлов в связи с их экономической нецелесообразностью.

8) Каскад — это совместное гидравлическое и электрическое подключение нескольких котлов, объединенных единой системой управления, и работающих для обеспечения нагрева теплоносителя для одного и того же объекта [3]. Каскадная котельная подразумевает установку двух и более котлов, один из которых выполняет роль основного, второй – вспомогательного. Вспомогательный котел включается при повышенных нагрузках на основной котел или в случае его поломки. Роли основного и вспомогательного котла могут меняться, например, раз в год для равномерного расхода их ресурса.

После анализа рынка и определения технических требований в рамках строящегося здания были подобраны следующие котлы: Protherm Пантера 25 КОО, BAXI ECO Four 1.24 и Vaillant atmoTEC plus VU 240/5-5. Данные котлы подходят под основные критерии: газовый одноконтурный конвекционный настенный котел с тепловой мощностью порядка 24-25 кВт. После подбора котельных установок был произведен сравнительный анализ каждого котла и выбран оптимальный вариант. Критерии сравнения представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение характеристик котлов

Название	Вес	Расход газа	Тепловая мощность	Диапазон рабочих температур	КПД	Гарантия	Цена
Protherm Пантера 25 КОО	35 кг	2,84 м3/ч	25 кВт	30 - 85 °С	91.8 %	2 г.	85 300,00 Р
Vaillant atmoTEC plus VU 240/5-5	35 кг	2,80 м3/ч	25 кВт	30 - 80 °С	90 %	2 г.	90 590,00 Р
BAXI ECO Four 1.24	26 кг	2,78 м3/ч	24 кВт	30 - 80 °С	91.2 %	2 г.	67 870,00 Р

На основе полученных данных был выбран котел BAXI ECO Four 1.24. Помимо сверхкомпактных размеров несомненным преимуществом котлов ECO Four являются кнопочное управление и удобный в обращении дисплей. Цифровая панель управления непрерывно и точно отображает как текущее состояние котла, так и устанавливаемые параметры. Для обеспечения безопасной работы в котлах ECO Four имеются следующие устройства контроля и безопасности: [4]

- датчик тяги для безопасного удаления продуктов сгорания; система защиты от замерзания в контурах отопления и ГВС;
- предохранительный клапан в контуре отопления;
- прессостат минимального давления воды;
- ионизационный датчик пламени; предохранительный термостат перегрева;
- системы защиты от блокировки насоса и трехходового клапана.

Управление котельной должно осуществляться посредством специального контроллера. Данный контроллер должен уметь работать с каскадной котельной и поддерживать выбранный ранее котел. Под данные

критерии подходят контроллеры Zont H2000+, Wiren Board 7 и MyHeat Pro. Wiren Board 7 не является специализированным контроллером для котельных и несмотря на возможность настройки и написания кода для этой задачи, оптимальным вариантом не является. Между Zont H2000+ и MyHeat Pro выбор был сделан в пользу контроллера Zont H2000+ благодаря большому функционалу и большей простотой настройки и эксплуатации у последнего.

Данный контроллер предназначен для автоматизации и дистанционного управления системами отопления и горячего водоснабжения любой конфигурации. Он поддерживает до 20-ти цифровых датчиков температуры, аналоговые датчики температуры и давления, управление несколькими нагревательными котлами, использует мобильный интернет (GSM/GPRS) и интерактивную настройку через УСЕВ-интерфейс [5].

Библиографический список

1. *Кармамедов, К.С.* Автоматизация управления системой отопления и горячего водоснабжения загородного дома / Современные технологии и автоматизация производства: Материалы национальной научно-технической конференции студентов и молодых ученых, Воронеж, 22 марта 2021 года / Отв. редактор А.А. Грибанов. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С. 27-33. [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46633584> (дата обращения: 20.02.2024).

2. *Галькова, К.Б.* Сравнительный анализ газовых котлов отечественных и зарубежных производителей в рамках политики догазификации / Развитие современной науки и технологий в условиях трансформационных процессов: Сборник материалов III Международной научно-практической конференции, Москва, 06 июня 2022 года / Редколлегия: Л.К. Гуриева [и др.]. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ИРОК", ИП Овчинников Михаил Артурович (Типография Алеф), 2022. – С. 34-39. [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48750417> (дата обращения: 20.02.2024).

3. *Сахаров, В.И.* Каскадные котельные из настенных котлов: популярность растет / В. И. Сахаров // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2014. – № 7(151). – С. 48-51. [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23597791> (дата обращения: 21.02.2024).

4. Котлы ВAXI четвертого поколения // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2010. – № 10(106). – С. 47. [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20556636> (дата обращения: 22.02.2024).

5. *Кармамедов, К.С.* Автоматизация управления системой отопления и горячего водоснабжения загородного дома / Современные технологии и автоматизация производства: Материалы национальной научно-технической конференции студентов и молодых ученых, Воронеж, 22 марта 2021 года / Отв. редактор А.А. Грибанов. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С. 27-33. [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46633584> (дата обращения: 22.02.2024).

Петровский Степан Александрович, студент 4 курса 2 группы ИЦТМС
 Научный руководитель –
 доц., канд. техн. наук, доц. **Е.В. Игнатова**

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ РАЗВЕРТКИ НА ОСНОВЕ СЛОЖНОГО РАЗРЕЗА КОНСТРУКЦИЙ

В работе архитекторов и проектировщиков возникает проблема с созданием сложных разрезов в программах по проектированию. Нет возможности создать разрезы несколькими произвольным плоскостями, в том числе рассматривать результаты разрезов на одной плоскости. Традиционно проектировщики создают много разрезов для просмотра контура определенных элементов объекта, что может сильно нагружать операционную систему и саму программу для проектирования. Часто необходимо объединить все разрезы в единый вид, для построения развертки.

В современном строительстве все чаще используются информационные модели зданий (BIM), которые позволяют оптимизировать проектирование, строительство и эксплуатацию объектов. Одним из важных этапов создания BIM-модели является разработка чертежной документации, в том числе построение развертки сложных разрезов конструкций. Эта задача может быть трудоемкой, особенно если требуется высокая точность.

Развертка позволяет увидеть все особенности отделки, и все, то, что находится на данной стене, учесть расположение мебели и исходя из этого, расположить плинтусы и карнизы, розетки и выключатели, бра и другие элементы интерьера (рисунок 1).

Гостиная



Рисунок 1 - Развертка гостиной вдоль стен с использованием сложного разреза

Для реализации построения развертки на основе сложного разреза можно разработать плагин в программе Renga API с использованием визуального программирования в среде Dynamo.

Цель исследования – разработать алгоритм сложного разреза элементов информационной модели здания.

API (Application Programming Interface) — это инструмент для создания новых приложений, в том числе для интероперабельности программных продуктов. Представляет собой интерфейс, благодаря которому одна программа будет взаимодействовать с другой. API позволяет разработчикам расширять функциональность продукта.

API Renga [1,2] — это программный интерфейс, предоставляющий разработчикам возможность решать определенные задачи по автоматизации внутри ПО Renga.

Визуальное программирование — это метод разработки программного кода с применением графических элементов, символов и блоков вместо написания кода на традиционных языках программирования с помощью текста. В качестве средства визуального программирования для ПО в сфере информационного моделирования в строительстве можно выбрать Dymato [3,4] и программировать на языке высокого уровня C# или C++.

Сложный разрез — это разрез, полученный при мысленном рассечении двумя или более секущими плоскостями.

Сложный разрез является комбинированным изображением и составляет из частей нескольких простых разрезов [5].

В зависимости от положения секущих плоскостей сложные разрезы разделяют на:

1. Ступенчатые. Сложный разрез, образованный несколькими параллельными плоскостями.
2. Ломаные. Сложный разрез, образованный плоскостями, которые пересекаются.

В плоскости чертежа все секущие плоскости развернуты и совмещены в одну.

Алгоритм построения сложного разреза:

1. Определить, что нужно показать в результате разреза.
2. Задать секущие плоскости.
3. Проанализировать геометрическую форму объекта, выявить элементы, попавшие в места прохождения сечения.
4. Определить место расположения наблюдателя.
5. Удалить грани, ребра той части объекта, которая будет удалена из видимости.
6. Преобразовать линии невидимого контура в видимые
7. Заштриховать плоскости объектов, попавших в сечение в соответствии с их материалом.

В результате исследования будет разработана методика автоматизированного построения развертки на основе сложного разреза конструкций в ВМ-системе Renga. Методика будет основана на следующих принципах:

- Использование параметрических объектов Renga и их представления;
 - Автоматическое определение геометрических параметров элементов конструкции;
 - Построение разрезов и развертки с использованием алгоритмов вычислительной геометрии [6].
- Ожидается, что разработанная методика позволит:
- Сократить время построения развертки;
 - Повысить точность построения;
 - Уменьшить трудоемкость работы проектировщика.

Автоматизация построения развертки – это перспективное направление развития САПР. Автоматизация позволяет повысить производительность труда, снизить вероятность возникновения ошибок и повысить точность построения развертки [7,8,9]. Внедрение систем автоматизированного построения развертки может привести значительным экономическим и техническим преимуществам в области строительства и архитектуры.

Библиографический список

1. Официальный сайт Renga API [Электронный ресурс] URL: https://help.rengabim.com/ru/index.htm#renga_api.htm (дата обращения: 24.02.2024).
2. Комплект разработчика Renga. Код доступа [Электронный ресурс] URL: <https://rengabim.com/sdk/> (дата обращения: 24.02.2024).
3. Дунато Premier [Электронный ресурс]: <https://primer.dynamobim.org/ru/> (дата обращения 24.02.2024).
4. *Коварцев А.Н., Жидченко В.В., Попова-Коварцева Д.А.* Методы и технологии визуального программирования: Учебное пособие – Самара: ООО «Офорт», 2017. - 197 с.: 83 ил.
5. Изображения – виды, разрезы, сечения [Электронный ресурс] URL: <https://cadinstructor.org/eg/lectures/2-vidy-razrezy-sechenia/> (дата обращения 30.01.2024).
6. *Васильков Д.М.* Геометрическое моделирование и компьютерная графика. Вычислительные и алгоритмические основы/ Курс лекций – Минск, БГУ, 2011
7. *Сторожилow А.И., канд. пед. наук, доцент, Б.В. Давыдов, студент Белорусский национальный технический университет (БНТУ), г. Минск, Республика Беларусь.* Автоматизированное решение задач построения разверток поверхностей сложных геометрических тел. 2015. – С. 3–7.
8. *Серёдкин А.Н., Виноградова Г.Л., Филиппенко В.О.* Алгоритм автоматизированного проектирования объектов сложной геометрической формы // *Фундаментальные исследования.* – 2014. – № 11-6. – С. 1267-1270.
9. *Ахтулов А.Л., Ахтулова Л.Н.* Задачи геометрического моделирования в создании систем автоматизации конструирования обводообразующих поверхностей сложных объектов // *Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии.* - 2011. - № 4(22). - С. 43-47.

*Пугаева Алина Владимировна, студентка 4 курса 1 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
канд. техн. наук, доц. Е.В. Макиша*

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Информационное моделирование в строительстве – это процесс создания и использования информационных моделей для управления жизненным циклом строительного объекта. Оно включает в себя создание трехмерных моделей зданий или сооружений, в которых содержится информация о геометрии, материалах, компонентах и процессах строительства. Информационные модели, созданные в процессе моделирования, являются основой для разработки проектной документации.

Согласно Градостроительному кодексу Российской Федерации [1], возведение объекта капитального строительства возможно только при наличии проектной документации. Проектная документация является основой для создания исполнительной документации. Состав и порядок ведения исполнительной документации регламентируется приказом Минстроя России от 16.05.2023 № 344/пр [2]. В проектной документации содержится вся необходимая информация о проекте: его цели, задачи, требования, план работы, структура проекта. Она разрабатывается на начальном этапе и служит основой для проведения работ. Исполнительная документация [3], в свою очередь, разрабатывается на основе проектной документации и содержит подробную информацию о технических аспектах реализации проекта.

В исполнительной документации представлены рабочие чертежи, спецификации, сметы, технические решения и другая информация, необходимая для выполнения работ и получения результата по проекту.

Одним из документов, входящих в состав исполнительной документации, являются акты освидетельствования скрытых работ (АОСР). Акт освидетельствования скрытых работ – это документ, фиксирующий качество выполненных работ и соответствие их проектной документации.

При формировании акта освидетельствования скрытых работ (рисунок 1) стоит придерживаться следующих шагов [4]:

1. Заполнение основной информации: в акте указываются наименование и адрес объекта, дата и период времени проведения работ, наименование организации, производившей работы, данные заказчика и исполнителя, а также другие идентификационные сведения.

2. Описание проведенных работ. В акте подробно описывается характер и объем выполненных работ, используемые материалы и оборудование, специалисты, участвовавшие в работе, и другие дополнительные детали.

3. Утверждение акта: после проверки акт подписывается заказчиком и исполнителем (или уполномоченными представителями), что подтверждает факт выполнения работ и принятие их заказчиком.

Акт освидетельствования скрытых работ является документом, имеющим доказательную силу, поэтому важно заполнять его тщательно и точно, чтобы избежать возможных проблем.

Приказ № 344/пр от 16.05.2023 Приложение 3

Объект капитального строительства:

Жилый дом №4 со встроенными нежилыми помещениями в микрорайоне Московский ул. Юбилейная г. Рязань.

Наружные сети водоснабжения. Переустройство существующей сети водопровода.

(наименование проектной документации, почтовый или строительный адрес объекта капитального строительства)

Застройщик (технический заказчик, эксплуатирующая организация или региональный оператор):

ОАО «Жилые дома города Рязань», ОГРН 1313131313131, ИНН 1010101010;107108 г. Рязань, ул. Строителей, д.27, тел. 8(495) 000-00-00, факс 8(495)000-00-00

(наименование, ОГРН, ИНН, место нахождения юридического лица, телефон/факс)

Ассоциация Саморегулируемая организация «Объединение строительных организаций жилого комплекса» ОГРН 1313131313131, ИНН 1010101010;107108 г. Рязань, ул. Строителей, д.27.

(наименование, ОГРН, ИНН саморегулируемой организации, членом которой является)

Лицо, осуществляющее строительство:

ООО «СтройДом», ОГРН 1212121212121, ИНН 1111111111, 105082, г.Михайлов, Октябрьский пер., дом 5, тел/факс: 8 (495)000-00-00

(наименование, ОГРН, ИНН, место нахождения юридического лица, телефон/факс)

Ассоциация Саморегулируемая организация «Объединение строительных организаций жилого комплекса» ОГРН 1313131313131, ИНН 1010101010;107108 г. Рязань, ул. Строителей, д.27.

(наименование, ОГРН, ИНН саморегулируемой организации, членом которой является)

Лицо, осуществляющее подготовку проектной документации:

АО «РязПроект», ОГРН 0909090909090, ИНН 080808080808, адрес: 107078, Рязань, ул. Крупской д.29, тел. 8 (499) 000-00-00

(наименование, ОГРН, ИНН, место нахождения юридического лица, телефон/факс)

Ассоциация Саморегулируемая организация «Объединение строительных организаций жилого комплекса» ОГРН 1313131313131, ИНН 1010101010;107108

(наименование, ОГРН, ИНН саморегулируемой организации, членом которой является)

АКТ

ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ СКРЫТЫХ РАБОТ

№ 77

от 27 апреля 2023 г.

Представитель застройщика (технического заказчика, эксплуатирующей организации или регионального оператора) по вопросам строительного контроля:

Инспектор по качеству в приказе ОАО «Жилые дома города Рязань» Иванов П. О. Идентификационный номер в национальном реестре специалистов С-71-162280 от 25.07.2018г. Приказ №ИД ПРЗ-7 от 31.01.2023г. ОГРН 1010101010101, ИНН 111111111;107108 г. Рязань, ул. Строителей, д.27, тел. 8(495) 000-00-00, факс 8(495)000-00-00

(должность, фамилия, инициалы, идентификационный номер в НИС в области строительства, реквизиты распорядительного документа, подтверждающего полномочия, с указанием наименования, ОГРН, ИНН, места нахождения юридического лица)

Представитель лица, осуществляющего строительство:

Руководитель проекта ООО «СтройДом» Петров Д.М., приказ № ПР/15.01/228 от 10.08.2019г. Идентификационный номер в национальном реестре специалистов С-77-246281 от 25.02.2009г.

(должность, фамилия, инициалы, идентификационный номер в НИС в области строительства, реквизиты распорядительного документа, подтверждающего полномочия)

Представитель лица, осуществляющего строительство по вопросам строительного контроля (специалист по организации строительства):

Ведущий инженер строительного контроля (производственный отдел по программе "Московский транспортный узел") ООО «СтройДом» Сидоров Д.В., приказ № ПР/15.01/228 от 10.08.2019г. Идентификационный номер в национальном реестре специалистов С-78-229148 от 03.03.2010г.

(должность, фамилия, инициалы, идентификационный номер в НИС в области строительства, реквизиты распорядительного документа, подтверждающего полномочия)

Представитель лица, осуществляющего подготовку проектной документации:

Руководитель центра по проектированию объектов жилого комплекса Рязанской области – АО «РязПроект» Кузнецов Е. В., приказ № 20-021-1 от 09.03.2017г. ОГРН 0909090909090, ИНН 080808080808, адрес: 107078, Рязань, ул. Крупской д.29, тел.: 8 (499) 000-00-00

(должность, фамилия, инициалы, реквизиты распорядительного документа, подтверждающего полномочия, с указанием наименования, ОГРН, ИНН, места нахождения юридического лица)

Представитель лица, выполняющего работы подлежащие освидетельствованию:

Руководитель проекта Суворов А.С. приказ №38 от 11.01.2023г., ООО «Домжестрой» ОГРН 1217700042163, ИНН 7716953350, 105084, г. Рязань, ул. Любимская дом/ пом.3

(должность, фамилия, инициалы, реквизиты распорядительного документа, подтверждающего полномочия, с указанием наименования, ОГРН, ИНН, места нахождения юридического лица)

а также иные представители лиц, участвующие в освидетельствовании:

Инспектор по качеству в приказе СМР ДКРС-Москва ОАО «РЖД» Половник М.П. Приказ №ДКРС МСК-7 от 31.01.2023г. ОГРН 1037779877295, ИНН 7708103727; 107996 г. Москва, ул. Мещин Порываевой, д.34, тел. 8(499) 260-09-99, факс 8(499)260-09-97

(должность с указанием наименования организации, фамилия, инициалы, реквизиты распорядительного документа, подтверждающего полномочия)

Главный инженер проекта АО «РязПроект» Лыжкова Т.П., приказ №134-П от 16.02.2023г. ОГРН 1151515151515, ИНН 1414141414, 128626, г. Рязань, ул. Школьная, д.2; тел. (495)000-00-00

(должность с указанием наименования организации, фамилия, инициалы, реквизиты распорядительного документа, подтверждающего полномочия)

провели осмотр работ, выполненных:

ООО «Домжестрой»

(наименование лица, осуществляющего строительство, выполняющего работы)

и составили настоящий акт о нижеследующем:

1. К освидетельствованию представляем следующие работы:
Монтаж распушек шунтового оградения из труб $\varnothing 219 \times 9$ и креплений стоек из дюгера Б30Ш1 траншеи на участке сети водопровода от т.А до т.Б
(наименование объекта работ)

2. Работы выполняем по проектной документации:
№25049721564. АО "РезПроект". 2023г.
(Имя, другие реквизиты чертежа, наименование проектной документации, сведения о лицах, осуществляющих подготовку раздела проектной документации)

3. При выполнении работ применяем:
1. Труба стальная электросварная 219х9. Сертификат качества №1889 от 12.02.2023г.
2. Дюгера 30Ш1. Сертификат качества №87-0466 от 26.01.2023г.

4. Представляем документы, подтверждающие соответствие работ представляемым в ямы требованиям:
1. Исполнительная схема №77. Монтаж распушек шунтового оградения из труб $\varnothing 219 \times 9$ и креплений стоек из дюгера Б30Ш1 траншеи на участке сети водопровода от т.А до т.Б.
(наименование строительного материала (материал) со ссылкой на сертификат или другие документы, подтверждающие качество)

5. Даты: начала работ **" 24 " апреля 2023 г.**
 окончания работ **" 27 " апреля 2023 г.**
(исполнительная схема и чертежи, результаты расчетов, обследований, лабораторий и иных испытаний выполняемых работ, проводимых в фоновом строительном материале)

6. Работы выполняем в соответствии:
№25049721564. АО "РезПроект". 2023г;
СП104-34-96 «Производство земляных работ»;
СП 48.13330 «Организация строительства»;
СП45.13330.2012 «Земляные сооружения, основания и фундаменты»;
СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве»
СНиП 3.05.04-85 «Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации»

7. Разрешается производство последующих работ:
Устройство заборки из доски $b=50$ мм траншеи на участке сети водопровода от т.А до т.Б.
(наименование работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения)

Дополнительные сведения _____
 Акт составлен в 3-х экземплярах _____

Приложения:
1. Исполнительная схема №77. Монтаж распушек шунтового оградения из труб $\varnothing 219 \times 9$ и креплений стоек из дюгера Б30Ш1 траншеи на участке сети водопровода от т.№77362 до т.№39246 на 1-м листе;
2. Сертификат качества №1889 от 12.02.2023г. на 1-м листе;
3. Сертификат качества №87-0466 от 26.01.2023г. на 1-м листе.

Представитель застройщика (технического заказчика, эксплуатирующей организации или регионального оператора) по вопросам строительного контроля:
Иванов П.О.
(фамилия, инициалы, подпись)

Представитель лица, осуществляющего строительство:
Петров Д.М.
(фамилия, инициалы, подпись)

Представитель лица, осуществляющего строительство, представитель лица, осуществляющего строительство, по вопросам строительного контроля (специалист по организации строительства):
Сидоров Д.В.
(фамилия, инициалы, подпись)

Представитель лица, осуществляющего подготовку проектной документации:
Кузнецов Е.В.
(фамилия, инициалы, подпись)

Представитель лица, осуществляющего строительство, выполнявшего работы, подлежащие освидетельствованию:
Суворов А.С.
(фамилия, инициалы, подпись)

Представитель иных лиц:
Пугачев М.П.
(фамилия, инициалы, подпись)

Пумкина Т.П.
(фамилия, инициалы, подпись)

Рисунок 1 – Поля акта освидетельствования скрытых работ, подлежащие автозаполнению

В будущем цифровая информационная модель станет основным источником информации о проекте и существенно упростит процессы управления.

Поэтому важно увязывать все системы электронного управления проектами с информационной моделью, чтобы обеспечить эффективное взаимодействие и использование данных модели в процессах строительства.

Существующие платформы для автоматизации формирования исполнительной документации не взаимодействуют с информационной моделью, что затрудняет процесс работы.

Кроме того, данные решения часто требуют значительных финансовых затрат, что делает их недоступными для некоторых организаций. В связи с этим многие строительные компании используют шаблоны файлов, созданные на базе табличных редакторов, для формирования исполнительной документации.

На основании цифровой информационной модели возможно автоматическое заполнение некоторых полей из акта освидетельствования скрытых работ:

1. Работы, предъявленные к освидетельствованию.
2. Наименование строительных материалов, примененных при выполнении работы.
3. Предъявленные документы, подтверждающие соответствие работ.
4. Даты начал и окончания работ.
5. Последующая работа.
6. Приложения.

В программных комплексах для формирования ведомости объемов работ [5] [6] (BOP) (например, Larix.EST) [7] устанавливается соответствие между элементами информационной модели и работами государственных и корпоративных справочников.

Полученная информация передается в комплекс для 4D-моделирования (например, 7D Modeler) [8]. Там создается иерархия выполняемых работ, тем самым определяется последовательность выполнения работ и продолжительность.

В процессе строительства 4D-модель наполняется информацией о фактических сроках производства работ.

Таким образом, сформированная 4D-модель может предоставить информацию для заполнения следующих полей АОСР: наименование элемента, наименование работы, дата начала и окончания работы, а также наименование последующей работы.

Цифровая информационная модель, созданная САИР (например, Renga) [9], позволит заполнить на основе атрибутов элементов поля с примененными материалами и документами, подтверждающими качество материалов.

Все данные, полученные из вышеперечисленных программных продуктов, должны быть объединены в шаблоне, который может быть разработан в табличном редакторе. Здесь происходит непосредственно само составление акта и заполнение полей с информацией о застройщике, лице,

осуществляющего строительство и о лице, осуществляющего подготовку проектной документации.

Алгоритм работы предложенного решения представлен на рисунке 2:



Рисунок 2 – Алгоритм заполнения полей АОСР

Автоматизированное формирование акта освидетельствования скрытых работ позволит владельцам объектов и заказчикам иметь подробную информацию о том, какие работы были выполнены и где находятся конструкции, которые могут потребоваться для последующей экспертизы или обслуживания.

Во-первых, это позволяет существенно сократить время и усилия, затрачиваемые на составление акта скрытых работ.

Вместо классического сбора данных, оценки объемов и составления акта вручную, автоматизация позволяет собирать необходимую информацию из информационной модели строительного объекта.

Это значительно сокращает время, которое нужно потратить на подготовку актов, и позволяет быстро получить актуальную информацию о скрытых работах.

Во-вторых, автоматическое формирование акта скрытых работ с использованием информационного моделирования предотвращает ошибки и улучшает качество данных. Так как информационная модель в строительстве является точным и надежным источником информации о проекте, использование этой модели для автоматизированного формирования акта скрытых работ исключает возможность возникновения ошибок, связанных с неправильным оцениванием объемов или упущением некоторых работ из акта.

Таким образом, это позволяет улучшить качество данных, представленных в акте, и повысить точность его составления.

В-третьих, автоматизированное формирование акта скрытых работ с использованием информационного моделирования улучшает прозрачность и доступность информации [10].

Благодаря автоматизации процесса формирования акта, все данные о скрытых работах легко доступны и могут использоваться всеми

заинтересованными сторонами, включая заказчика, проектировщика, подрядчика и контролирующие органы.

Это способствует улучшению коммуникации между участниками проекта и упрощает процесс управления и контроля скрытых работ.

Таким образом, актуальность автоматизированного формирования акта скрытых работ с применением информационного моделирования в строительстве позволяет сократить время, улучшить качество данных и повысить доступность информации о скрытых работах. Это способствует более эффективному управлению проектом и снижению возможных рисков, связанных с непредвиденными работами или изменениями в проекте.

Библиографический список

1. Градостроительный кодекс РФ URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc (дата обращения 20.02.2024).
2. Приказ Минстроя РФ от 16.05.2023 № 344/пр URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1> (дата обращения 21.02.2024).
3. *Цона Н.В.* Исполнительная документация в строительстве: состав и порядок / Текст научной статьи по специальности «Строительство и архитектура» 2020. С. 10.
4. *Карпушкин А.С.* Акт освидетельствования скрытых работ. Часть 1: анализ истории развития формы и порядка ведения акта // Текст научной статьи по специальности «Строительство и архитектура» 2021. С. 7.
5. *Порожняков А.К.* Алгоритм формирования ведомости объёмов строительных и монтажных работ в задачах автоматизации составления проектной документации // Текст научной статьи по специальности «Компьютерные и информационные науки» 2013. С. 3.
6. *Порожняков А.К.* Алгоритм формирования ведомости объёмов строительных и монтажных работ в задачах автоматизации составления проектной документации // Текст научной статьи по специальности «Строительство и архитектура» 2023. С. 6.
7. Программный комплекс Larix.EST URL: https://larix.bim-info.ru/est_download (дата обращения 19.02.2024).
8. Программа 7D Modeler URL: <https://www.openbimsystems.ru/7d-modeler> (дата обращения 20.02.2024).
9. Программный продукт Renga. Руководство пользователя URL: <https://manual.rengabim.com/> (дата обращения 21.02.2024).
10. *Веретенникова О.В.* Использование информационной модели объекта в эксплуатационном периоде инвестиционно-строительного проекта // Текст научной статьи по специальности «Строительство и архитектура» 2023. С.5.

*Пятков Даниил Александрович, студент 3 курса 1 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
ст. преподаватель А.О. Рыбакова*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЭКСПОРТА АРХИТЕКТУРНЫХ ПЛАНОВ

При современной разработке проектов информационное моделирование играет ключевую роль, предоставляя многомерные цифровые представления объектов для упрощения процесса проектирования и управления строительством.

Несмотря на всеобъемлющие преимущества ПО для информационно моделирования, полноценная разработка инженерных разделов, в частности СС и ЭОМ, зачастую остаётся за пределами возможностей современных инструментов, таких как Revit. Это вынуждает инженеров вернуться к проектированию в AutoCAD.

Инженеры сталкиваются с ситуацией, когда архитектурные планы, полученные на начальном этапе проекта, к моменту его сдачи подвергаются значительным изменениям.

Это вынуждает их к трудоёмкому процессу переработки уже выполненных разделов, что неизбежно замедляет процесс проектирования и увеличивает издержки.

Проблема усугубляется человеческим фактором: возможность ручного экспорта актуальной архитектуры из моделей часто игнорируется, в результате чего инженеры вынуждены работать с неактуальной информацией.

Решением проблемы является разработка плагина для автоматического ежедневного экспорта актуальных архитектурных планов, что позволит инженерам эффективно и своевременно адаптировать проект к изменениям и сократить необходимость в его полной переработке.

В контексте разработки инженерных систем становится очевидным, что не требуется экспортировать абсолютно все планы.

С этой целью в каждом файле модели были созданы специализированные планы под ключевым наименованием «Подложка ВИС X этаж», где «X» символизирует конкретный этаж.

В случае типовых этажей, план устанавливается однократно и «X» представляется в виде диапазона типовых этажей.

Процесс заключается в открытии и обработке каждой модели, поиске в ней планов, соответствующих установленному типовому наименованию, и их экспорте с использованием заранее определенного рабочего набора для всех моделей. Разделение экспортированных планов по их принадлежности к конкретным моделям, а также дополнительное детализированное разграничение по корпусам или секциям, является важной частью системы для обеспечения удобного доступа к данным. В этом контексте, в целевой

директории для экспорта на сетевом диске, скриптом предусмотрено автоматическое создание отдельных папок для каждого проекта, внутри которых будут формироваться поддиректории, соответствующие конкретным корпусам и секциям.

Каждый экспортируемый файл плана характеризуется наличием в своем названии уникальных шифров объекта и конкретной секции или корпуса, расположенных в строгом порядке и разделенных специфическими символами.

Эти уникальные идентификаторы служат ключевым элементом для точного определения пути сохранения экспортируемого плана, позволяя автоматизировать процесс распределения файлов по соответствующим путям и облегчая последующий доступ к ним.

Главное требование к наименованию модели – стандартизированное наименование, содержащее единый шифр для всех объектов одной модели, а также наличие указания на корпус или секцию.

Определение шифров осуществляется при помощи регулярных выражений, поэтому при новом способе наименования достаточно будет сформировать новые регулярные выражения.

Наличие файла конфигурации является неотъемлемым решением для обеспечения удобства управления и возможности масштабирования процесса экспорта.

Этот файл включает в себя информацию о моделях, из которых требуется экспортировать планы, ключевое слово для поиска рабочего набора, путь к целевой директории для сохранения результатов экспорта, а также ключевое слово для поиска необходимых планов. Также в файле содержится путь до папки с логами проекта.

Детализация информации о моделях достигается за счет указания пути к текстовому файлу, содержащему список путей к моделям, с которых необходимо осуществить выгрузку планов.

Благодаря ранее разработанному механизму определения пути сохранения, планы будут автоматически выгружены по нужным каталогам, позволяя моделям для экспорта быть выбранными из различных проектов и располагаться в любом порядке.

Это обеспечивает высокую степень гибкости при работе с данными из разнообразных проектов и упрощает процесс подготовки к экспорту.

Учитывая, что ключевой задачей является обеспечение доступности самых актуальных планов, было решено организовать процесс экспорта с максимальной частотой.

В качестве оптимального периода для внесения законченных изменений был выбран рабочий день. Таким образом, автоматический экспорт планов запланирован на выполнение в конце каждого рабочего дня, точнее — в ночное время.

Это позволяет инженерам получать обновленные данные с первых часов нового дня.

Особенностью запуска скриптов для Revit является обязательное условие открытой программы и запущенной модели.

Для автоматизации запуска скриптов при открытии Revit, в RevitPythonShell предусмотрен модуль startup.py, в котором можно запланировать выполнение заданных скриптов при запуске программы, а также условия запуска.

Для выполнения задачи необходимо предусмотреть особый сценарий инициализации скрипта.

Создана специальная пустая модель-триггер.

В случае запуска именно этой модели в Revit, модуль startup.py автоматически запустит скрипт на выполнение, это исключит возможность активации системы в несоответствующее время.

Далее с помощью планировщика задач Windows создается задача с указанием ночного, ежедневного времени, а в параметрах запуска указывается ранее созданная модель-триггер, а также файл конфигурации.

Беря во внимание особенности работы скриптов в Revit, которые занимаются обработкой нескольких моделей в рамках одного скрипта, процесс открытия и инициализации моделей неизбежно сопровождается возникновением разнообразных всплывающих окон.

Эти окна могут включать в себя различные уведомления, а также сообщения об ошибках при открытии.

Данные уведомления требуют взаимодействия пользователя и могут препятствовать дальнейшему открытию модели, тем самым нарушая непрерывность работы скрипта.

Для решения этой проблемы был разработан специализированный модуль, целью которого является автоматическое управление всплывающими окнами.

Этот модуль анализирует тип окна и выполняет соответствующее действие, например, выбор необходимой кнопки ответа, в зависимости от контекста уведомления.

Реализация модуля выполнена в виде функции, которая интегрируется в Revit через параметр «DialogBoxShowing» приложения в ходе программного кода, обеспечивая эффективное и бесперебойное взаимодействие с программным обеспечением.

В результате была разработана система автоматического экспорта архитектурных планов (рисунок 1), решающая проблему устаревания архитектурных планов и необходимости их частого ручного обновления в процессе проектирования инженерных систем.

Ключевые особенности системы включают в себя:

- Целенаправленный экспорт
- Организованная структура хранения планов
- Гибкая конфигурация и логирование
- Автоматизация процесса экспорта
- Автоматическое управление всплывающими окнами

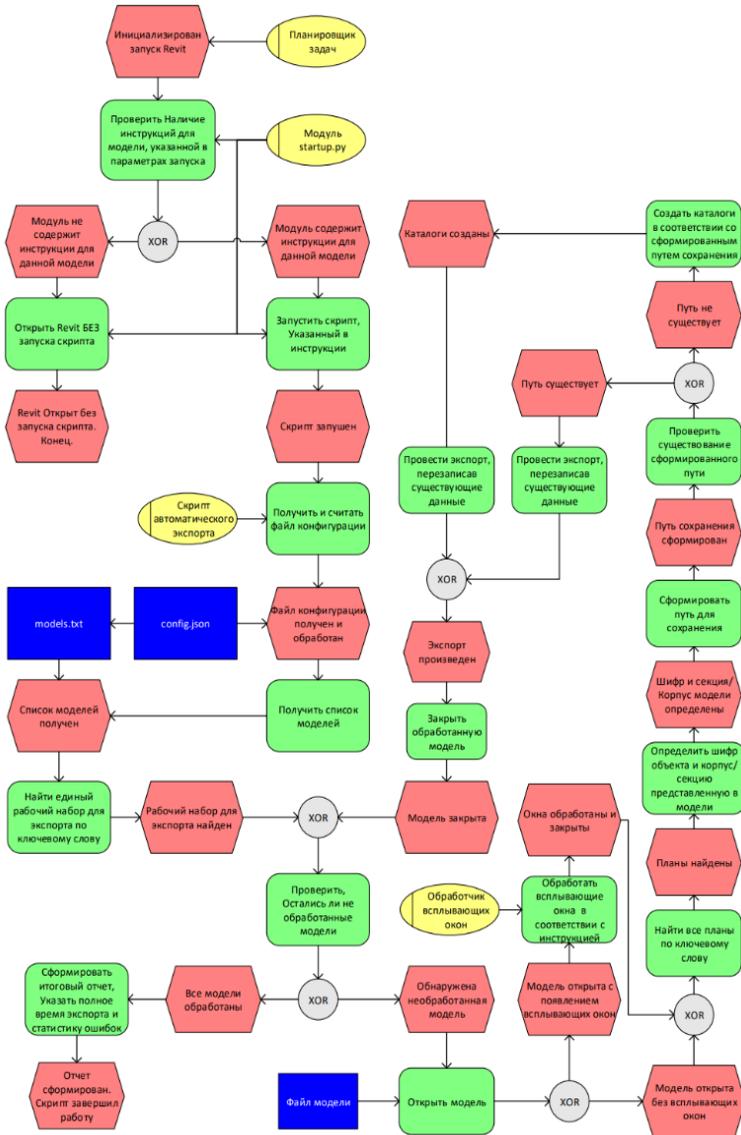


Рисунок 1 – Схема работы разработанной системы

Таким образом, разработанная система не только сокращает время и усилия, необходимые для регулярного обновления архитектурных планов,

но и повышает эффективность процесса проектирования за счет обеспечения оперативного доступа к актуальным данным.

Это, в свою очередь, способствует уменьшению ошибок, вызванных устаревшей информацией, и снижению издержек, связанных с необходимостью переработки уже выполненных разделов проекта.

Библиографический список

1. *Безкостый М.А., Зиганшин М.Г.* Сравнение программных продуктов для BIM-Технологий при разработке инженерных систем строительных объектов // Материалы V Национальной научно-практической конференции. В 2-х томах. Казань. 2019. С.164-167. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50150830> (дата обращения: 20.02.2024).

2. *Аксенов А.В., Бахтина И.А.* Создание информационной модели слаботочных систем в Revit // Ползуновский Альманах ISSN: 2079-1097 eISSN: 2782-6120. Барнаул. 2022. С.12-15. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48409538> (дата обращения: 20.02.2024).

3. *Кузнецова К.К., Гаряев Н.А.* Экспорт данных из Archicad в DWG-среды // сборник научных трудов кафедры ИСТАС НИУ МГСУ. Москва. 2015. С.108-114. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24966169> (дата обращения: 20.02.2024).

4. *Ожигин Д.* Archicad и dwg: экспорт данных в среду Nanocad // САПР И ГРАФИКА ISSN: 1560-4640. 2010. С.24-27. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21349179> (дата обращения: 20.02.2024).

5. *Корытин Н.О., Придвижкин С.В.* Методы создания модулей для программного обеспечения автоматизации проектирования // Мягкие измерения и вычисления ISSN: 2618-9976 eISSN: 2713-2072. Екатеринбург. 2022. С.66-74. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49242635> (дата обращения: 20.02.2024).

*Рябко Инна Николаевна, студентка 4 курса 1 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Е.Х. Китайцева*

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ПО ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТА АВАРИЙНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ В СИСТЕМЕ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Современные системы газоснабжения обеспечивают надежное распределение газа по сети трубопроводов различного давления, обеспечивая комфорт и безопасность для потребителей. Газоснабжение подвергается строгому контролю и регулированию для обеспечения непрерывной поставки газа и соблюдения всех норм и стандартов безопасности.

Важно поддерживать эффективное функционирование систем газоснабжения, чтобы обеспечить комфорт и благополучие общества на каждом уровне его функционирования [1].

Разработка системы автоматизированной локализации места аварийно-восстановительных работ в системе газоснабжения низкого давления представляет собой важный и актуальный этап в повышении эффективности и безопасности газоснабжения, особенно в современном мире, направленном на инновации и оптимизацию процессов [2].

Актуальность разработки рассматриваемой системы заключается в следующем:

1. Улучшение реагирования при аварии: автоматизированная система локализации позволяет оперативно и точно определять местоположение аварий, ускоряя реакцию на них и обеспечивая быстрое восстановление системы газоснабжения.
2. Повышение безопасности: точная локализация аварий и работ по восстановлению позволяет минимизировать риски и обеспечивать безопасные условия работы для оперативных бригад и окружающих.
3. Оптимизация ресурсов: автоматизированная система способствует эффективному использованию времени и ресурсов на локализацию и восстановление, сокращая время простоя и минимизируя негативное воздействие на потребителей газа.
4. Интеграция с современными технологиями: разработка такой системы позволит интегрировать новейшие технологии, такие как геопозиционирование, дистанционное управление и мониторинг, что поможет улучшить управление и контроль за газоснабжением.
5. Соответствие требованиям безопасности: ввиду строгих нормативов и требований в области безопасности газоснабжения, создание автоматизированной системы локализации является важным шагом к повышению уровня соответствия всем нормам и стандартам.

Принцип мониторинга и локализации мест аварийно-восстановительных работ в системе газоснабжения включает в себя ряд важных шагов и методов для оперативного обнаружения, идентификации и устранения аварийных ситуаций [3]. Это ключевой этап в поддержании безопасности и эффективности работы газораспределительных систем.

Основные принципы и методы, которые обычно используются для этих целей [4]:

1. Мониторинг параметров системы: позволяет обнаруживать изменения, которые могут свидетельствовать о возможной аварийной ситуации.

2. Обнаружение нештатных ситуаций: наличие сети датчиков, автоматизированных систем мониторинга и управления позволяет быстро обнаруживать отклонения от нормы и предупреждать о возможных аварийных ситуациях.

3. Локализация места аварии: использование систем геопозиционирования позволяет точно определить местоположение аварии или нештатной ситуации в газораспределительной сети.

4. Оперативность реакции: системы управления бригадами могут включать в себя средства для оперативной отправки бригад на место аварии с информацией о предстоящей работе для оперативного вмешательства и восстановления системы.

На сегодняшний день существует несколько программных решений, которые могут использоваться для работы с системами газоснабжения низкого давления. Практически все программные продукты ориентированы на непосредственный мониторинг системы газоснабжение, но не на локализацию аварий и дальнейший перерасчет параметров системы.

Система автоматизации "Gazprom Automated Control Systems" — это пример программного обеспечения, основанного на передовых технологиях и используемого для аварийной локализации и управления в системах газоснабжения. Система разработана компанией «Газпром» и является внутренним продуктом компании. "Gazprom Automated Control Systems" представляет собой систему автоматизации и управления, разработанную с целью обеспечения безопасности, эффективности и надежности функционирования систем газоснабжения, включая мониторинг, контроль, аварийную локализацию, анализ данных и управление ресурсами. Являясь частью компании "Газпром", такая система соответствует особым требованиям газовой отрасли, включая специфические нормативы, стандарты и инфраструктурные особенности [5].

Однако, программный комплекс является внутренней разработкой компании, что не даёт возможность внештатным лицам работать в данной системе.

Ещё одним вариантом для работы с системами газоснабжения низкого давления является программа «ZuluGaz» - программное обеспечение,

предназначенное для проведения расчетов сетей газоснабжения и решения разнообразных задач в данной отрасли.

Из достоинств программы «ZuluGaz» можно выделить:

1. Расширенные возможности расчетов: позволяет проводить расчеты с разными уровнями давления, что обеспечивает гибкость и адаптацию к разнообразным условиям.

2. Моделирование математических сетей: способствует созданию и использованию математических моделей газовых сетей для решения информационных и аналитических задач.

3. Гидравлические расчеты: позволяет проводить гидравлические расчеты, что важно для обеспечения эффективной работы сетей газоснабжения.

4. Гибкость параметров: пользователь может задавать параметры газовых смесей, что способствует точности расчетов и адаптации к различным условиям.

5. Топологический анализ: позволяет проводить анализ топологии сетей газоснабжения, что важно для оптимизации и улучшения их работы.

Но также стоит учитывать и недостатки:

1. Сложность использования: из-за широкого спектра функций, программа может потребовать времени и обучения для полноценного использования.

2. Требования к оборудованию: для полноценной работы и проведения сложных расчетов может потребоваться определенное оборудование и вычислительные ресурсы.

3. Обучение персонала: необходимость обучения персонала для эффективного использования всех функций и возможностей программы.

4. Сопровождение и обновления: требует регулярные обновления и техническую поддержку для обеспечения актуальности и исправной работы программы.

5. Цена и лицензирование: программное обеспечение такого класса имеет высокую стоимость лицензий, что может создать финансовые затраты для предприятий и организаций.

Однако, стоит учитывать, что данный продукт не позволяет в полной мере решать поставленную задачу.

Функционал приложения позволяет проводить гидравлический расчёт системы, но не даёт информацию о том, какая запорная арматура должна быть перекрыта для локализации места аварии, а также не проводит перерасчет системы с учетом вышеуказанных факторов.

Для реализации поставленной задачи предлагается использовать дополнительный инструмент, такой как программный продукт «Excel», на основе которого разработано приложение, позволяющее получать входные данные о системе газоснабжения, такие как топология, основные характеристики сети и информацию об аварийном участке.

Далее на основе полученных данных, приложение автоматически выявляет запорную арматуру, проводит анализ связности графа (рисунок 1) и позволяет перекрыть место аварии в системе газоснабжения, проводит перерасчет системы, основываясь на текущей ситуации [6].

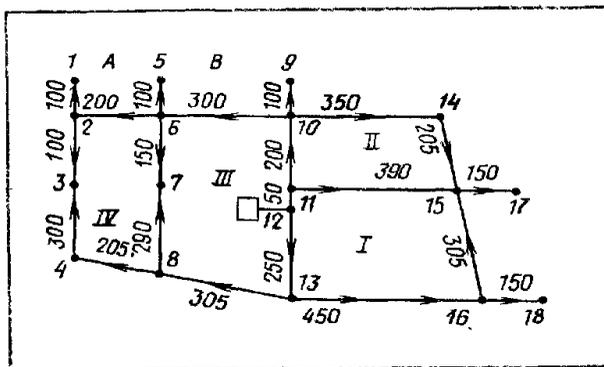


Рисунок 1 – Схема системы газоснабжения

Данная разработка позволит более оперативно реагировать на внештатные ситуации, локализовывать места аварий, ускоряя процесс восстановления системы газоснабжения и обеспечивая безопасность окружающих.

Библиографический список

1. *Ионин А.А.* Газоснабжение. - 4-е изд. - М.: Стройиздат, 1989. - 439 с.
2. *Прахова М.Ю.* Системы автоматизации в газовой промышленности. - 1-е изд. - Вологда: Инфра-инженерия, 2019. - 480 с.
3. Автоматизация процесса локализации аварийного участка газораспределительной сети // cyberleninka.ru [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-protseсса-lokalizatsii-avariynogo-uchastka-gazoraspre-delitelnoy-seti> (Дата обращения: 20.02.2024).
4. Методология организации, планирования и синтеза системы мониторинга регионального газоснабжения // cyberleninka.ru [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologiya-organizatsii-planirovaniya-i-sinteza-sistemy-monitoringa-regionalnogo-gazosnabzheniya> (Дата обращения: 21.02.2024).
5. Приказ "Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления"" от 15.12.2020 № 531 // Официальный интернет-портал правовой информации. - 2020 г. - № 1. - Ст. 3 с изм. и допол. в ред. от 15.12.2020.
6. *Карнов Д.В.* Теория графов [Электронный ресурс] URL: https://logic.pdmi.ras.ru/~dvk/graphs_dk.pdf

Сбродов Дмитрий Владимирович,
студент магистратуры 1 курса 4 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Н.А. Иванов

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЖКХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ КРУПНЫМИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ КОМПАНИЯМИ В РОССИИ

На сегодняшний день важную роль в цифровизации ЖКХ играют ИТ-решения, позволяющие эффективно управлять ресурсами: электричество, тепло, вода и др., а также повышает надежность и качество коммунальных услуг, что позволяет жильцам экономить денежные средства [1]. Такие программы используют технологию «интернета вещей» («internet of things, IoT»). Согласно статистике из ресурса [2] к 2025 году более 70% программных приложений (физических устройств) будут использовать данную технологию для сбора данных, анализа информации и принятия решений. Помимо этого, приложения в области ЖКХ должны облегчить жизнь людей, предоставляя услуги, оплачивая счета за жилье и позволяющие управлять условиями дома дистанционно.

Цель моего исследования заключается в определении потребностей в цифровизации и существующего уровня жилищно-коммунального хозяйства. Метод решения проблемы заключается в изучении существующих на рынке программных продуктов в сфере ЖКХ, которые представляют собой классические программные приложения (без технологии «IoT»), а также программные решения, обладающие технологией «IoT», позволяющие сделать жизнь жильцов более комфортной. Согласно распоряжению Правительства РФ № 3883-р от 27 декабря 2021 года, цифровизация в строительстве становится актуальной [3].

Целью цифровизации в строительстве является достижение "цифровой зрелости" строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства. В строительстве цифровизация подразумевает собой создание единого информационного пространства на всех стадиях проектирования, возведения и эксплуатации объектов капитального строительства с целью снижения себестоимости готового продукта и сокращения сроков его производства с учётом всех основных и сопутствующих процедур [9].

"Цифровая зрелость" жилищно-коммунального хозяйства происходит за счет стандартизации применения интеллектуальных систем, технологии «IoT», применения принципа сквозных технологий на основе отечественных решений. Однако на сегодняшний день цифровизация в ЖКХ менее развита, чем цифровизация в строительстве, но её уровень постоянно возрастает.

Именно поэтому в своем выступлении я сосредоточусь на проблеме цифровизации в ЖКХ. Цифровизация ЖКХ сегодняшнего дня делится на две группы технологий: комплексные (которые меняют саму систему) и

коммуникационные (которые облегчают взаимоотношения человека с ЖКХ). В первой группе находятся цифровые технологии, которые позволяют хранить и использовать информацию о состоянии дома, его инженерных сетей, а также собирать и обрабатывать эти данные в онлайн режиме и на основе полученных результатов прогнозировать управление домом. Сюда же относится информация о контрактах с компаниями, которые оказывают услуги ЖКХ, финансовые операции и состояния оплаты услуг. Ко второй группе относятся различные мобильные предложения, позволяющие каждому жителю своего ЖК (жилищного комплекса) иметь доступ к его персональной информации о взаимоотношениях с ЖКХ. Это умные домофоны и счетчики, личные кабинеты, персональный расчет тарифов по услугам, сбор и ведение базы данных и т.п. [10]. О второй группе технологий цифровизации ЖКХ и пойдет речь в данном исследовании.

Дадим определение цифровизации в жилищно-коммунальном хозяйстве.

Это процесс внедрения прикладных технологий для автоматизации различных процессов, таких как:

- учет потребления ресурсов;
- начисление и прием платежей;
- документооборот;
- выделение ресурсов на капитальный ремонт;
- предоставление дополнительных услуг [4].

Следовательно, важными задачами цифровизации в ЖКХ являются переход исключительно на электронный обмен информацией и облегчение жизни жильцов квартир за счет предоставления ряда услуг в цифровом формате: выставление счетов на оплату за квартиру/жильё, снятия показаний счетчиков ресурсов (водоснабжение и водоотведение, потребление электроэнергии) и выставление счетов на оплату потребления этих ресурсов. Стоит отметить, что многие разработчики программного обеспечения, используемого специалистами, работающими в сфере ЖКХ, разрабатывают решения, позволяющие сделать цифровизацию в ЖКХ возможной в реальной жизни. Теперь можно перейти к российским программным решениям в области ЖКХ — это приложение «СмартСервис» компании «ДОНСТРОЙ», приложение «Мажордом» компании «Железно» и приложение «Самолет Плюс УК» компании «Самолет». Эти программные решения демонстрируют как классическое решение для ЖКХ по оплате счетов, заказу услуг, общению с управляющей компанией - программу «Смарт Сервис», так и решение для ЖКХ «Мажордом» и «Самолет Плюс УК» с использованием технологий «IoT», которое поможет управлять вашей квартирой удаленно. Первое из указанных программных средств представляет собой классическое решение для ЖКХ по оплате счетов, заказу услуг, общению с управляющей компанией - программу «Смарт Сервис». Второй и третий программный продукт является примером реализации/использования технологий «IoT», которые помогают управлять вашей квартирой/жилищем удаленно.

В результате анализа данных программных решений, описанных в [5], [6], [7] и [8], была получена таблица 1.

Таблица 1. Сравнение программных продуктов в области ЖКХ

Приложение «Мажордом»	Приложение «Смарт Сервис»	Приложение «Самолет Плюс УК»
Управление домофоном системой контроля управления доступа (СКУД)		
+	-	+
Управление отоплением (вручную и по расписанию), освещением и розетками		
+	-	+
Уведомление о несанкционированном проникновении в помещение		
+	-	+
Контроль и передача показателей счетчика		
+	-	+
Возможность сдачи показателей приборов (счетчиков) онлайн		
Собираются с датчиков и включаются в счёт	Собираются управляющей компанией	+
Общение с соседями и управляющей организацией через приложение		
+	только с управляющей организацией	+
Использование голосового помощника Алисы для управления умной квартирой и подачи заявок в управляющую компанию		
+	-	-
Оплата жилищно-коммунальных услуг		
+	+	+
Заказ временного пропуска на территорию дома		
-	+	
Вызов мастера на дом		
+	+	+
Проверка баланса (все ли счета за ЖКХ оплачены)		
+	+	+
Обратная связь об оказанной услуге через приложение		
-	+	+
Заказ дополнительных услуг		
+	+	+
Участие в опросах и общих собраниях		
+	+	+
Получение упоминаний об оплате счетов		
+	+	+
Просматривать детализированную квитанцию и историю платежей		
+	-	+
Оплачивать все услуги одной кнопкой		
-	-	+
Подключение автоплатежей		
+	+	+
Возможность получить дополнительные привилегии от партнеров (в программе размещаются выгодные предложения со скидкой по разным категориям таким как: «Техника», «Здоровье и Спорт», «Образование», «Дом и ремонт», «Авто» и др.)		
-	-	+

Приложение «Мажордом» в основном создает возможности для взаимодействия собственников объектов недвижимости с управляющей организацией и помогает управлять квартирной экосистемой.

Решение «Смарт Сервис» направлено на обеспечение удобства оплаты жилищно-коммунальных услуг и на реализацию общения с управляющей организацией с помощью чата.

Управление экосистемой квартиры в этом решении не предусмотрено. Программное приложение «Самолет Плюс УК» помимо функции управления умным домом, предоставляет жильцам гибкие возможности по оплате жилищно-коммунальных услуг, а также добавляет систему привилегий для пользователей приложения.

В заключение хочу сказать, что в моей презентации были рассмотрены инструменты цифровизации ЖКХ на примере программ «Мажордом» и «СмартСервис» и «Самолет Плюс УК».

Эти программные решения обладают собственными функциями и возможностями, но преследуют одну цель - обеспечить успешную цифровизацию жилищно-коммунального хозяйства.

Владельцы квартир «ДОНСТРОЙ», «Железно» и «Самолет» привыкли оплачивать жилищно-коммунальные услуги, вызывать мастера, общаться с управляющей организацией с помощью этих программных приложений.

Это подчеркивает важность данных программных продуктов, так как они решают основные задачи цифровизации ЖКХ, такие как электронный обмен информацией и предоставление информационных и финансовых услуг жителям.

В заключение хотелось бы отметить, что цифровизация в сфере ЖКХ в ближайшее время не закончится, следовательно, потребность в хорошем функциональном ПО с использованием технологии «IoT» будет высокой, так как это актуальное направление и рынок программного обеспечения в России в этой области еще не перенасыщен. Более того, цифровизация ЖКХ является элементом цифровизации «умного города».

Это означает, что цифровизация ЖКХ всего лишь один из многих этапов, которые предстоит в будущем реализовать на должном уровне, чтобы перейти к цифровизации такого многогранного понятия как «умный город», чтобы сделать жизнь людей приятнее и комфортнее, сократив в ней многие рутинные процессы [11].

Библиографический список

1. Никифорова Т.И., Нижальская Н.И. Цифровизация ЖКХ как основа развития отрасли // Индустриальная экономика. 2022. №4. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-zhkh-kak-osnova-razvitiya-otrasli> (дата обращения: 17.01.2024).

2. Эффективное энергопотребление: роль цифровых решений в ЖКХ. [Электронный ресурс] URL: https://www.cnews.ru/articles/2023-04-19_effektivnoe_energopotreblenie_rol (дата обращения: 17.01.2024).

3. *Сбродов Д.В., Иванов Н.А.* «Западные вендоры ушли, цифровизация российского строительства продолжается» // Наука и бизнес: пути развития. – 2023. – № 1(139). – С. 48-54. (дата обращения: 17.01.2024).
4. Цифровизация ЖКХ [Электронный ресурс] - <https://xn----itbeqggh1bza.xn--p1ai/article/cifrovaya-platforma-umnoe-zhkh> (дата обращения: 12.02.2024).
5. DigitalDeveloper «Мажордом» [Электронный ресурс]URL: <https://proptech.digitaldeveloper.ru/solutions/mazhordom> (Дата обращения: 17.01.2024)
6. Группа компаний «Смарт Сервис» мобильное приложение [Электронный ресурс] URL: <https://uk-smart-service.ru/mobapp/> (дата обращения: 17.01.2024).
7. О приложении «Самолет Плюс УК» [Электронный ресурс] URL: <https://samolet.ru/uk/app/> (дата обращения: 12.02.2024).
8. Приложение «Самолет Плюс УК» на ПК [Электронный ресурс] - [Электронный ресурс] URL: <https://www.gameloop.com/ru/game/home-%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE%> (дата обращения: 12.02.2024).
9. *Сулейманова Л.А., Сапожников П.В., Кривчиков А.Н.* Цифровизация строительной отрасли как IT-структурирование пирамиды управления процессами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 4. С. 12-24. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-7-4-12-24. (дата обращения: 17.01.2024).
10. *Кожевникова Н.Г.* Цифровая трансформация ЖКХ в рамках проекта «Умный город»: региональный аспект / Н. Г. Кожевникова, Г. А. Банных // Российские регионы в фокусе перемен: сборник докладов в двух томах (18-20 ноября 2021 года, Екатеринбург). Том 2. Екатеринбург: УрФУ, 2022. С. 288-292. (дата обращения: 17.01.2024).
11. *Цибарева М.Е., Васильчева В.А.* Оценка эффективности внедрения элементов «Умного города» в процессе цифровизации городской среды // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. № 2. С. 83-91. (дата обращения: 17.01.2024).

Семёнова Кристина Сергеевна,
студентка магистратуры 2 курса 5 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук Е.В. Макиша

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ОБЪЕМОВ РАБОТ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Введение

Строительство представляет собой процесс, состоящий из последовательности работ и операций, направленных на создание или восстановление зданий, сооружений, объектов инфраструктуры, а также других объектов.

Этот процесс включает в себя проектирование, подготовку строительной площадки, закупку материалов и оборудования, выполнение строительных работ, а также контроль качества и сроков выполнения работ.

Важными составляющими строительства являются безопасность труда, соблюдение строительных норм и правил, а также соблюдение согласованных сроков и бюджетов.

Главная задача строительства заключается в создании качественных, надежных и безопасных объектов в соответствии с потребностями и требованиями заказчика.

Для достижения этой цели необходимо выполнить ряд задач, включая:

1. Разработку проекта, который должен быть технически обоснованным, функциональным, экономически эффективным и соответствовать требованиям строительных норм и правил.
2. Выполнение строительных работ в соответствии с утвержденным проектом и соблюдение всех технологических процессов.
3. Обеспечение безопасности труда работников на строительной площадке.
4. Контроль качества строительных материалов, используемых в процессе строительства.
5. Соблюдение согласованных сроков выполнения работ и бюджета проекта.
6. Ввод объекта в эксплуатацию и обеспечение его последующего обслуживания.

Главная задача строительства заключается в создании удовлетворительного результата, который будет отвечать потребностям заказчика и служить долгие годы безопасным и комфортным местом для жизни или работы.

Для оценки эффективности строительных проектов используются следующие показатели [1]:

1. Удовлетворенность клиентов.

2. Безопасность.
3. Претензии.
4. Стоимость строительства.
5. Сроки строительства.
6. Финансы.
7. Окружающая среда.
8. Удовлетворённость заинтересованных сторон.
9. Материалы.
10. Соответствие проекту.
11. Изменения в сфере реализации.

Для получения результатов необходимо ставить конкретные цели и предъявлять точные требования.

Поэтому так важно, разработать точную, четкую и полную проектную, рабочую и исполнительную документацию. В современном мире это достигается за счет разработки цифровой информационной модели (ЦИМ) в специализированных программных продуктах.

В данной статье будет рассмотрен процесс составления ведомости объемов работ (ВОР) из цифровой информационной модели для дальнейшего определения стоимости и сроков строительства, которые являются показателями эффективности реализации проекта.

Материалы и методы

Ведомость объемов работ в строительстве представляет собой документ, в котором подробно описываются все виды выполняемых работ на строительном объекте и их объемы. ВОР является основой для составления сметы на строительство, позволяя оценить общую стоимость проекта и распределить ресурсы для выполнения работ.

В ведомости объемов работ указывается каждый вид строительных работ, например: земляные работы, фундаментные работы, монтаж инженерных систем, отделочные работы и т.д., а также их объемы в соответствующих единицах измерения (например, кубические метры, квадратные метры, штуки и т.п.).

Ведомость объемов работ составляется на основании проектной документации и исполнительных чертежей строительного объекта [2].

Ведомость объемов работ используется для учета объемов выполненных работ, контроля за прогрессом строительства, расчета стоимости работ, планирования и управления производственными процессами на строительной площадке.

Она также служит важным инструментом для взаимодействия заказчика, проектировщика, подрядчика и других участников строительного процесса.

После формирования ведомости объемов работ необходимо составить смету, по которой будет определяться стоимость строительства.

Составление сметы по ведомости объемов работ является важным этапом в процессе планирования и управления строительным проектом.[3] Смета

представляет собой документ, в котором детализировано оцениваются затраты на выполнение всех работ, указанных в ведомости объемов работ.

Для составления сметы по ведомости объемов работ необходимо выполнить следующие шаги:

1. Изучение ведомости объемов работ: анализировать каждый вид работ и их объемы, определить используемые материалы, технологии выполнения и другие ключевые параметры.

2. Расчет расхода материалов и трудозатрат: определить необходимое количество материалов для выполнения каждого вида работ, учитывая их стоимость и расходы на трудовые ресурсы.

3. Составление сметы: на основании проведенных расчетов составить смету, включающую стоимость материалов, затрат на трудовые ресурсы, оборудование, аренду, накладные расходы и прочие непредвиденные расходы.

4. Проверка сметы и корректировка: проверить правильность расчетов, учет всех затрат и согласованность с ведомостью объемов работ, а также внести необходимые корректировки.

Составленная смета по ведомости объемов работ служит основой для определения бюджета строительного проекта, планирования финансовых ресурсов, контроля за затратами и эффективного управления строительством. Она также помогает заказчику принимать обоснованные решения и контролировать выполнение работ в соответствии с бюджетом.

Результаты

Расчет объемов работ из цифровой информационной модели строительного объекта является одним из ключевых преимуществ использования технологии информационного моделирования (ТИМ) в строительстве.

ТИМ позволяет автоматизировать процесс расчета объемов работ, учитывая все параметры и характеристики объекта, включая его геометрию, материалы, конструкции, оборудование и другие аспекты.

Для расчета объемов работ из ЦИМ обычно используют специализированные программные средства, которые позволяют автоматически вычислять объемы строительных работ по всем элементам модели. Это помогает упростить и ускорить процесс составления сметы, определения затрат на материалы, трудовые ресурсы и оборудование, а также планирование и управление строительным процессом.

Расчет объемов работ из цифровой информационной модели позволяет улучшить точность и надежность данных, оптимизировать процессы планирования и управления строительством, сократить время и затраты на подготовку смет и повысить эффективность строительного процесса в целом.

Для автоматизации процесса расчета объемов работ необходимо моделировать и информационно наполнять цифровую информационную модель по заранее составленным требованиям. К ним относятся перечень

обязательно заполненных параметров для каждой категории элементов модели (Например, для фитингов: Имя системы, Описание, Производитель, Марка, Обозначение, Диаметр подключения). Параметры, которые необходимо заполнять для всех элементов вне зависимости от категории: Этаж, Корпус/Секция, Описание. Один подход к заполнению и состав параметров позволит в дальнейшем прописать правила добавления элементов на работы, используя их информационное наполнение.

После подготовки корректной цифровой информационной модели она передается в специализированный программный продукт, такие как IYNO, Larix, G-Tech или аналоги. Работы в данных платформах производится по похожему принципам:

1. Получение модели из среды общих данных.
2. Проверка корректности заполненности атрибутивных данных [4].
3. Создание справочника работ на основе сборников и выпусков единых норм и расценок на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы (ЕНиР) [5].
4. Написание правил назначения элементов на работы.
5. Непосредственная связь работ и элементов.
6. Расчет ведомости объемов работ.
7. Назначение стоимости на единицу материала и работы.

Автоматизировать работу необходимо на этапах проверки качества цифровых информационных моделей и составления правил связи элементов и работ.

Проверку моделей можно осуществить как в программах информационного моделирования в связке с программами работы с данными (Excel), так и в специализированных программных продуктах. [6]

Для написания правил можно разработать алгоритм и с помощью открытого кода внедрить его в платформу для расчетов ведомости объемов работ.

Выводы

Автоматизация расчета объемов работ и определения стоимости строительства на основе цифровой информационной модели (BIM) представляет собой процесс использования специализированного программного обеспечения для создания трехмерной модели объекта строительства, которая содержит всю необходимую информацию о его геометрии, материалах, конструкциях и технологических процессах.

С помощью ТИМ можно автоматизировать процесс расчета объемов работ путем анализа трехмерной модели и выделения необходимых элементов (стен, перекрытий, фундамента и т. д.), а затем автоматического определения их объемов на основе заданных параметров и стандартов.

Кроме того, цифровая информационная модель позволяет автоматизировать процесс определения стоимости строительства путем анализа материалов, трудовых ресурсов, сроков выполнения работ и т.д., а

затем автоматического расчета общей стоимости проекта на основе заданных параметров.

Таким образом, автоматизация расчета объемов работ и определения стоимости строительства на основе цифровой информационной модели позволяет ускорить и упростить процесс планирования и управления строительными проектами, а также повысить точность и надежность получаемых результатов.

Библиографический список

1. *Петрович Ю.А.* Показатели эффективности строительных проектов. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2021. — № 3 (345). — С. 316-321. — URL: <https://moluch.ru/archive/345/77709/> (дата обращения: 25.02.2024).

2. *Жаров Я.В., Шабалин М.С.* Цифровая ведомость объемов работ - инструмент проверки цифровых информационных моделей // Строительное производство. 2023. № 2. С. 33-37. – DOI 10.54950/26585340_2023_2_33. – EDN QEААНА.

3. *Ерофеева Н.В.* Автоматизированное формирование ведомости объемов работ с использованием BIM-моделей: основные преимущества // Энергетика, управление и автоматизация: инновационные решения проблем : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции обучающихся и преподавателей Научное издание, Санкт-Петербург, 22 декабря 2022 года / Под общей редакцией Т.Ю. Коротковой, сост. М.С. Липатов, Е.Н. Лашина. – Санкт-Петербург: Высшая школа технологии и энергетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна", 2023. С. 162-168. – EDN SLXWCA.

4. *Макиша Е.В., Мочкин К.А.* Состояние и перспективы применения систем проверки информационных моделей строительных объектов // Строительство: наука и образование. 2021. Т. 11, № 4. С. 70-86. – DOI 10.22227/2305-5502.2021.4.6. – EDN PLCXYK.

5. *Минстрой.* Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы (ЕНиР) утверждены Государственным строительным комитетом СССР – С. 24 [Электронный ресурс] - https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/65c/enir_obshchie_polozheniya.pdf

6. *Тачков М.А., Недвига П.Н.,* Методология автоматизации проверок информационных моделей // Неделя науки ИСИ: Сборник материалов Всероссийской конференции, Санкт-Петербург, 03–09 апреля 2023 года. Том Часть 2. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2023. – С. 34–37. – EDN LPGSWY.

*Сенаторов Никита Витальевич, студент 4 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Е.Х. Китайцева*

АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СЖИМАЕМОСТИ ГАЗА

Природный газ - газ, который добывают из недр земли, является смесью различных газообразных углеводородов, таких как метан и другие алканы. Эти газы образуются естественным образом в результате разложения органических веществ.

Природный газ также может содержать следовые количества других газов, таких как углекислый газ, азот, сера и гелий.

Благодаря своему уникальному составу, природный газ является ценным ресурсом для производства различных продуктов и видов топлива.

С данным газом проводятся множества различных расчетов, например:

- Определение объема и плотности газа при различных условиях давления и температуры
- Расчет теплотворной способности газа для определения его энергетического потенциала
- Определение состава газа, включая содержание метана, этана, пропана, бутана и других компонентов
- Расчет потерь газа при транспортировке и хранении
- Оценка воздействия выбросов парниковых газов на окружающую среду
- Прогнозирование спроса на газ и определение оптимальных стратегий его использования.

Поскольку природный газ не является идеальным, расчет всех вышеуказанных величин проходит несколько сложнее, при этом появляется важный параметр расчета – коэффициент сжимаемости газа.

Коэффициент сжимаемости показывает отличие реальных газов от идеальных. На рисунке 1 показана зависимость коэффициента сжимаемости газов от приведенных температур и давления.

Если говорить о методиках определения коэффициента сжимаемости газа, то исходя из нормативной документации, выделяют четыре метода расчета:

- NX19 мод.
- УС GERG-91 мод.
- УС AGA8-92DC
- УС ВНИЦСМВ

Методика NX19 мод представляет собой модификацию уравнения Ван-дер-Ваальса:

$$z = \frac{[1 + \frac{0,00132}{T \alpha^{3,25}}]}{B_1 - B_2 + \theta_0} * \frac{P_a}{10}, \quad (1)$$

где B_1 , B_2 , θ_0 - коэффициенты уравнения состояния; T_a , P_a - параметры уравнения состояния. В этом уравнении учитывается взаимодействие между молекулами газа и их объем, а также вводится дополнительная поправка на кривизну молекул.

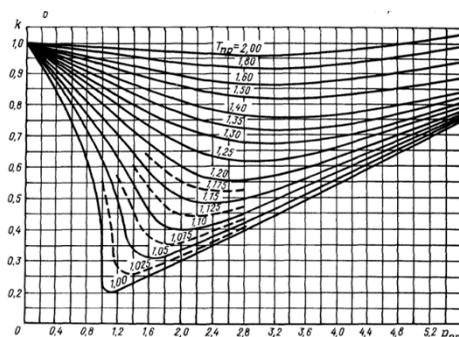


Рисунок 1 - Зависимость коэффициента сжимаемости газов k от приведенных температур и давления

Данный метод рекомендуется применять при расчетах распределения газа потребителям. NX19 является одним из наиболее точных методов определения коэффициента сжимаемости, особенно для газов с высокой кривизной молекул. Однако его применение требует знания критических параметров газа, что может быть не всегда доступно.

Другой методикой определения сжимаемости газа является методика УС GERG-91 мод (Universal Solver for Grand Equilibrium with Reference State Group 91 modification).

Эта методика учитывает взаимодействия между молекулами, их объем и кривизну. В ее основе лежит уравнение состояния Соаве-Редлиха-Квонга:

$$z = 1 + V_t * \rho_m + C_t * \rho_m^2 \quad (2)$$

где V_t и C_t - коэффициенты уравнения состояния; ρ_m - молярная плотность кмоль/м³.

УС GERG-91 мод был разработан для более точного описания свойств газов в широком диапазоне температур и давлений. Он включает в себя ряд поправок и корректировок, которые улучшают точность уравнения состояния. Этот метод может быть использован для расчета свойств газов, таких как плотность, энтальпия, теплоемкость и другие, при различных условиях. Он также может быть использован для моделирования процессов, связанных с газами, таких как сжатие, расширение, конденсация. Однако,

следует отметить, что УС GERG-91 мод требует больше вычислительных ресурсов по сравнению с другими методами, такими как уравнение Ван-дер-Ваальса или Бергло. Кроме того, для использования этого метода необходимо знать некоторые параметры газа, такие как критическая температура, критическое давление и другие. УС AGA8-92DC (AGA8-92 Dual Composition) - методика определения коэффициента сжимаемости газа, разработанная Американской газовой ассоциацией (AGA). Она основана на использовании двухкомпонентной модели, которая учитывает различные свойства газов, такие как кривизна молекул, взаимодействие между ними и т.д. Уравнение имеет вид:

$$z = 1 + B * \rho_M - \rho_P \sum_{n=8}^{13} C_n * (b_n - c_n * k_n * \rho_P^{k_n}) * \rho_P^{b_n} * \exp(-c_n * \rho_P^{k_n}), \quad (3)$$

где В и C_n^* -коэффициенты уравнения состояния; b_n, c_n, k_n - константы УС; P_n – приведенное давление.

Эта методика используется для расчета свойств природных газов, включая метан, этан, пропан, изобутан, н-бутан и пентан. Она также может быть использована для расчета свойств других газов, если известны их химические формулы и свойства.

Для использования этой методики необходимо знать состав газа, давление, температуру и другие параметры. Затем, используя уравнения состояния AGA8-92DC, можно определить коэффициент сжимаемости газа и другие его свойства. Данный метод рекомендуют к вычислению, при необходимости, транспортирования газа по магистральным газопроводам. Важно отметить, что данный метод расчета является итерационным. Решение считается найденным при выполнении условия:

$$\left| \frac{\Delta \rho_M^{(k)}}{\rho_M^{(k)}} \right| \leq 10^{-6} \quad (4)$$

Уравнение состояния (УС) ВНИЦ СМВ также является одним из методов для определения коэффициента сжимаемости газов. Оно было разработано во Всероссийском научно-исследовательском центре по строительству и механизации (ВНИЦ СМВ) и используется для расчета свойств различных газов, включая природный газ, воздух и другие газы. УС ВНИЦ СМВ учитывает свойства газа, такие как температура, давление, состав газа и другие параметры, и позволяет определить коэффициент сжимаемости, плотность, теплоемкость, энтальпию и другие свойства.

Этот метод может использоваться для моделирования различных процессов, связанных с газом, таких как сжатие, расширение, нагрев и охлаждение.

УС ВНИЦ СМВ, см. формулу (5), имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами определения коэффициента сжимаемости. Во-первых, оно является достаточно точным и надежным, что позволяет использовать его в различных приложениях. Во-вторых, оно достаточно простое в

использовании и не требует большого количества данных для начала работы. В-третьих, УС ВНИЦ СМВ может быть адаптировано для разных условий и задач, что делает его универсальным инструментом для расчета свойств газа. Метод рекомендуется использовать при добыче и переработке газа.

$$z = 1 + \sum_{k=1}^r \sum_{l=0}^{Sk} C_{kl} * \frac{p_l^k}{T_l^k}, \quad (5)$$

где C_{kl} -коэффициенты уравнения состояния; $P_{п}$ – приведенное давление; $T_{п}$ – приведенная температура.

Методика ВНИЦ СМВтоже использует итерационный подход и имеет схожий с методом AGA8-92DC критерий завершения итерационного процесса, см формулу (4). Важно отметить, что расчет коэффициента сжимаемости и физических свойств природного газа проводится при давлениях до 7,5 МПа включительно и температурах от 250К до 350К.

Библиографический список

1. МИ 3082-2007: Государственная система обеспечения единства измерений. Рекомендации по выбору рабочих эталонов для их поверки.
2. *А.А. Ионин* Газоснабжение М.: Стройиздат, 1989.-439 с.
3. ГОСТ 30319.2-96 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение коэффициента сжимаемости
4. Справочник по газоснабжению и использованию газа. Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я. Недра.
5. *Род Стивенс* Алгоритмы. Теория и практическое применение Эксмо 2016.
6. *Род Стивенс* Программирование баз данных Бином-Пресс 2003.
7. *Природный газ и его свойства* [Электронный ресурс]. URL: <https://petrodigest.ru/terms/prirodnuy-gaz> (дата обращения: 26.02.2024).
8. *Cyberleninka* URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/koeffitsient-szhimaemosti-gazov-igazokondensatnyh-smesey-eksperimentalnoe-> (дата обращения: 22.02.2024).
9. Автоматизация процесса определения коэффициента сжимаемости газа. Газовая промышленность, 2018. [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36504235> (дата обращения: 25.02.2024).
10. Автоматизированный анализ методик определения коэффициента сжимаемости газа URL: <https://elibrary.ru/item.asp?> (дата обращения: 25.02.2024).
11. Разработка программного обеспечения для автоматизации определения коэффициента сжимаемости газа URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38911614> (дата обращения: 26.02.2024).
12. "Автоматизация расчета коэффициента сжимаемости газа при высоких давлениях URL: <https://elibrary.ru/item?id=42456407> (дата обращения: 24.02.2024).

*Сидорова Алина Николаевна, студентка 4 курса 1 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук Н.В. Князева*

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ СРОКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА

Автоматизация строительного производства позволяет повысить скорость и качество возводимого здания/сооружения, уменьшить риски задержек и незапланированных трат.

На сегодняшний день строительство жилых комплексов является ключевым процессом развития густонаселенных и экономически развитых и развивающихся регионов нашей страны.

Строительство жилых комплексов позволяет улучшить качество жизни людей, а также решить жилищную проблему. Основная проблема, с которой сталкиваются заказчики/застройщики при постройке нового ЖК – сроки завершения строительства.

Решением рассматриваемой задачи является автоматизация оценки сроков строительства. Главным преимуществом автоматизации является то, что она позволяет улучшить точность и надежность прогнозирования времени завершения проекта, тем самым заказчик/застройщик способен определить бюджет строительства и грамотно распределить ресурсы [1].

При расчете сроков строительства жилого комплекса, специалисты прибегают к различным методам, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Наиболее распространенным методом является экспертная оценка, которая основывается на опыте профессионалов строительной сферы.

Данный метод позволяет учитывать множество факторов: климатические условия, доступность материалов и трудовые ресурсы.

Метод параметрической оценки сроков основан на анализе объемов работ, необходимых для завершения проекта, также широко применяется при оценке сроков строительства.

При этом метод позволяет учитывать продолжительность выполнения каждого этапа строительства и возможные задержки такие, как изменения в проектной документации или срыв сроков поставщикам материалов.

Кроме этого, для оценки времени выполнения работ используются стандартные временные нормативы, которые представляют собой усредненное время выполнения определенного вида операций на основании статистических данных.

Эти нормативы формируются на основе длительности основных строительных работ при условии определенной продуктивности труда.

Однако, необходимо отметить тот факт, что данный метод имеет место быть только в том случае, когда проект существует и есть возможность подсчитать объемы работ.

Использование программного обеспечения для автоматизированной оценки сроков строительства становится популярнее с каждым годом. Технологии информационного моделирования (ТИМ) позволяют создавать трехмерную модель здания и проводить виртуальное моделирование всех процессов строительства. Это помогает выявить потенциальные коллизии и оптимизировать последовательность выполнения работ [2].

Традиционные методы оценки сроков строительства основываются на опыте и знаниях специалистов, анализе аналогичных проектов. Также традиционные методы включают в себя использование расчетов на основе стандартных временных нормативов и технологических карт работ.

Экспертная оценка – традиционный метод определения длительности работ строительства. Опытные специалисты строительной сферы составляют прогноз сроков выполнения работ на основе своего опыта и знаний.

Анализ по аналогам – традиционный метод оценки сроков строительства, который использует фактические значения длительностей аналогичных работ, сравнивая показатели со схожими по масштабу и сложности объектами, для того чтобы выявить общие закономерности и учесть возможные задержки или ускорения в ходе реализации проекта.

Метод часто используется для оценки длительности проекта при недостатке информации о его специфических особенностях.

Технологические карты – документ, позволяющий организовать выполнение отдельных видов работ для своевременного завершения строительства в соответствии с технико-экономическими показателями работы бригады.

На сегодняшний день современные подходы к автоматизации оценки сроков строительства жилого комплекса включают использование специализированных программных продуктов и технологий, а также применение искусственного интеллекта [3].

Программы для планирования проектов – один из основных инструментов автоматизации оценки времени строительства, которые позволяют учитывать различные параметры: ресурсы, зависимости между операциями, а также их объемы.

Использование информационных моделей зданий (ТИМ) играет важную роль при автоматизации оценки сроков строительства. ТИМ-модели содержат необходимую информацию о строительном объекте, что позволяет точно рассчитывать длительность выполнения работ и учитывать возможные изменения.

В большинстве случаев оценить сроки строительства заказчик/застройщик хочет еще на предпроектной стадии (нет соответствующей документации и модели ЖК).

Перспективным подходом для решения данной проблемы является анализ данных и применение машинного обучения для прогнозирования сроков строительства на основе имеющихся данных о предыдущих

проектах. Данный метод позволяет выявлять закономерности и факторы, влияющие на время выполнения работ, а также учитывать сложные взаимосвязи между различными переменными.

Автоматизация оценки сроков строительства является достаточно сложным процессом.

Она требует разработки соответствующих алгоритмов, учитывающих основные этапы строительства жилых комплексов, а также факторы, влияющие на завершение строительства.

Для начала работы автоматизации оценки сроков строительства требуется собрать и обработать информации о проекте (планирование земельного участка, график строительства жилого комплекса, подводимые инженерные коммуникации, материально-техническое обеспечение и т.д.);

Затем необходимо определить последовательность и зависимости между различными этапами строительства, такими как подготовка строительной площадки, возведение конструкций здания/сооружения, проведение отделочных, пусконаладочных и других работ.

Для этого используются методы сетевого планирования (например, методы PERT/CPM).

Далее следует учесть влияния внешних факторов на ход строительства - климатические условия, поставки материалов, квалификация рабочей силы и прочее.

Следующий шаг – расчет времени выполнения каждого строительного этапа на основе стандартных норм времени для конкретного типа работ или же по данным предшествующих проектов.

Завершающим является создание модели автоматизированной системы оценки сроков строительства на основе полученных данных. Результат – алгоритмический инструмент способный точно оценивать сроки завершения проекта при заданных условиях.

Математические методы оценки сроков строительства играют важную роль при автоматизации (второй шаг). Они позволяют учесть различные аспекты: объем работ, ресурсы, последовательность операций, что делает оценку времени точной и надежной.

Метод критического пути (Critical Path Method, CPM) является одним из основных математических подходов оценки сроков строительства. Метод использует графическое представление всех задач и зависимостей между ними для определения самого длительного пути выполнения проекта. Использование CPM позволяет выявить ключевые задачи, определить минимальные сроки завершения строительства здания/сооружения, а также установить возможные риски и задержки.

Метод PERT (Program Evaluation and Review Technique) – распространенный математический метод, который основан на графике выполнения работ. PERT учитывает вероятности завершения каждой операции, что помогает точно оценить сроки выполнения всего проекта [4].

Следует отметить использование математических моделей для прогнозирования сроков строительства на основе статистического анализа данных предыдущих проектов. Модели регрессии, временных рядов или стохастического моделирования могут быть также полезны при автоматизированной оценке сроков строительства жилых комплексов [5].

Библиографический список

1. Григорьев В.А., Гриценко О.В., Карпова Е.В. Автоматизация процесса оценки сроков строительства жилого комплекса // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2018, том 18, №3(118), С.488-494.
2. Шубина Е.Р. Оценка сроков строительства жилых комплексов с использованием системы BIM // Материалы Всероссийской научно-практической конференции "Проблемы и перспективы развития строительного комплекса", 2019, том 1, №11(41), С.168-173.
3. Соколов А.В., Калинин Д.С., Морозова Е.А. Использование информационных технологий для автоматизации оценки сроков строительства жилого комплекса // Вестник Удмуртского университета, серия "Экономика и право", 2017, том 27, №1 (171), С. 29-34.
4. Яковлев Г., Кузнецов Д. Автоматизация процесса оценки сроков строительства жилого комплекса на основе метода PERT // Страницы истории: гуманитарные и естественные науки, 2020, том 6, №2(28), С. 139-142.
5. Петрова Н.С., Семенова О.А. Применение программных инструментов в автоматизации оценки сроков строительства жилых комплексов // Информационные технологии в строительстве. – 2019. – № 3. – С. 72-76.

*Синягина Ксения Александровна, студентка 4 курса 3 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
канд. техн. наук, доц. Е.В. Макиша*

АВТОМАТИЗАЦИЯ МАРКИРОВКИ И ФОРМИРОВАНИЯ ОТЧЁТОВ ДЛЯ КВАРТИРОГРАФИИ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

В современной строительной индустрии, стоящей перед постоянными вызовами и изменениями, актуальность автоматизации формирования объемно-планировочных решений для квартир проявляется в стремлении улучшить процессы проектирования и ускорить создание инновационных жилых пространств.

С ростом объема строительства и повышением требований к энергоэффективности и устойчивости зданий, сокращение времени проектирования становится ключевой задачей.

В этом контексте, возможность автоматического формирования объёмно-планировочных параметров выступает важным фактором, способствующим улучшению эффективности и конкурентоспособности строительных проектов. Автоматизация формирования объемно-планировочных решений позволяет значительно ускорить процесс создания проектов, что важно в условиях динамичного рынка и постоянных изменений в требованиях к строительству.

В дополнение к этому, актуальность автоматизации формирования объемно-планировочных решений в сфере проектирования и строительства подчеркивается необходимостью стандартизации и унификации процессов [1].

Также важным аспектом является стремление к улучшению вариативности проектов. Быстрые изменения в предпочтениях потребителей и динамичная природа рынка недвижимости требуют от проектировщиков гибкости и быстрой адаптации.

В контексте информационного моделирования зданий (ТИМ) актуальность автоматизации подчеркивается эффективным использованием данных [2-5]. Интеграция и анализ данных в процессе автоматизации формирования объемно-планировочных решений являются неотъемлемой частью этого процесса. Это не только способствует принятию информированных решений, но и обеспечивает более высокую точность и достоверность данных, что важно в контексте современных требований к прозрачности и ответственности в строительстве.

Автоматизация квартирографии решает проблему ручного ввода всех параметров квартир, которая ранее занимала значительное количество времени у проектировщиков. Вместо того чтобы вручную вносить данные о площади, наименовании помещений, этаже и секции квартиры, а также функции и имени помещения, теперь эти параметры могут быть

автоматически сформированы с использованием специализированных плагинов и программного обеспечения. Это не только сокращает время на выполнение задачи, но и снижает вероятность ошибок и повышает общую эффективность работы проектировщиков.

Рассмотрим цели и задачи автоматизации объёмно-планировочных решений. При разработке программного обеспечения для автоматизации формирования квартирографии и интеграции данных в цифровую информационную модель, важно учесть несколько ключевых требований. Программа должна предоставлять удобный и гибкий интерфейс, соответствовать потребностям пользователей в области строительства, обеспечивать безопасность хранения данных и интеграцию с другими инструментами отрасли. Масштабируемость и эффективное использование ресурсов также являются важными аспектами. Тестирование и отладка важны для обеспечения надёжности, а соответствие стандартам и создание документации облегчит внедрение и использование программы. Поддержка пользователей и регулярные обновления обеспечат долгосрочную эффективность и соответствие изменяющимся потребностям отрасли.

Программное обеспечение, которое разрабатывается в рамках данной работы, будет обладать широким функционалом, направленным на автоматизацию процесса формирования квартирографии и интеграции данных в цифровую информационную модель. Пользователи будут иметь возможность вводить различные параметры для каждой квартиры, включая площадь, наименование помещений, этаж, секцию, а также функциональное предназначение помещения.

Пример плагинов для автоматизации квартирографии представлен на рисунке 1:

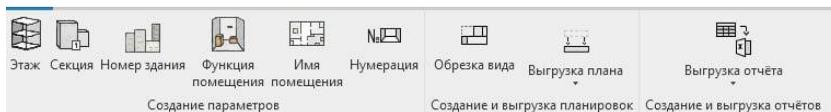


Рисунок 1 – Пример плагинов автоматизации квартирографии

Одним из ключевых функциональных элементов будет автоматическое формирование уникального номера для каждой квартиры на основе введенных параметров. Этот номер, созданный программой, будет выступать важным идентификатором в ЦИМ, обеспечивая точное отслеживание и анализ данных. Программа будет обеспечивать надёжную интеграцию с ЦИМ, передавая введенную информацию для визуализации, хранения и дальнейшего использования в рамках строительного процесса.

Особое внимание уделяется гибкости и управляемости данных. Пользователи смогут редактировать параметры квартир при необходимости, что предоставит возможность вносить изменения в проект.

Параметры, такие как наименование помещений и их функциональное предназначение, в программе выбираются из определенной базы данных. Эта база данных обладает гибкостью, позволяя расширяться и изменяться в соответствии с потребностями проектов. Такой подход обеспечивает пользователям широкий выбор вариантов и позволяет учитывать разнообразные требования проектирования, внося гибкость в формирование квартирографии и соответствующих данных в цифровой информационной модели.

Кроме того, программное обеспечение будет предоставлять функционал генерации отчетов по квартирографии, содержащих всю необходимую информацию о каждой квартире, что сделает процесс документирования проекта более систематизированным и удобным. Благодаря автоматическому созданию отчетов, анализ информации о квартирах станет более эффективным. Специальные инструменты аналитики и визуализации позволят выявлять тенденции, особенности планировки и потенциальные улучшения, что в свою очередь поможет оптимизировать процесс принятия решений и повысить качество проектирования.

Интуитивно понятный пользовательский интерфейс сделает использование программы доступным и эффективным для широкого круга пользователей, улучшая общую работоспособность и результативность в рамках строительных проектов в будущем.

В результате использования разрабатываемого программного обеспечения происходит значительное улучшение процесса проектирования квартир и интеграции данных в цифровую информационную модель. Система способствует повышению эффективности проектирования, сокращению времени работы проектировщиков, снижению вероятности ошибок и созданию более структурированных и точных цифровых моделей, в конечном итоге улучшая процессы строительства и обеспечивая более эффективное взаимодействие между участниками строительного процесса [6-7].

Алгоритм функционирования программного обеспечения, создаваемого в рамках исследовательской работы, включает следующие этапы:

1. На начальном этапе пользователь вводит в текстовые поля всплывающих окон параметры квартир, такие как этаж, номер здания, секция и другие характеристики, которые будут использоваться для формирования квартирографии.

2. Используя расширяемую базу данных, пользователь выбирает наименования помещений и их функционал, что обеспечивает гибкость в учете разнообразных вариантов при проектировании.

3. Программа автоматически генерирует уникальный идентификационный номер для каждой квартиры на основе введенных параметров.

4. Данные, включая параметры квартир и их уникальные идентификаторы, интегрируются в цифровую информационную модель для

визуализации и хранения.

5. Пользователь может редактировать параметры квартир по мере необходимости, обеспечивая гибкость и корректировку в процессе исследования.

6. На основе созданных параметров на плане этажа к каждой квартире формируется специальная метка, на которой показываются основные характеристики.

7. Пользователь, выбирая крайние точки плана квартиры может обрезать вид под любую квартиру.

8. При желании пользователь может вывести планы квартир в формате .pdf или .jpg.

9. При необходимости пользователь создает отчеты, содержащие информацию о каждой квартире, что облегчает документирование результатов исследования.

Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма автоматизации формирования квартирографии

Этот алгоритм обеспечивает структурированный процесс работы программы, начиная от ввода данных исследователем и заканчивая интеграцией в цифровую информационную модель.

Таким образом, значимость программы проявляется в улучшении эффективности проектирования, снижении вероятности ошибок, гибкости адаптации под различные проектные потребности, а также в соответствии с современными стандартами безопасности и инновационными подходами к решению задач в строительной отрасли.

Создание данной программы предоставляет значительный вклад в оптимизацию процессов строительства и обеспечивает более эффективное взаимодействие между участниками строительного процесса.

Библиографический список

1. *Генельт А.Е.* Автоматизированные методы разработки архитектуры программного обеспечения. – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2021. [Электронный ресурс] URL: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/426.pdf1> (Дата обращения: 20.02.2024).
2. *Рахматуллина Е.С.* BIM-моделирование как элемент современного строительства. – 2017. – с. 2849-2866. [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30508389> (Дата обращения: 20.02.2024).
3. *Гинзбург, А.В.* Современные стандарты информационного моделирования в строительстве // Научное обозрение. – 2017. – с.16 –20. [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29993129> (Дата обращения: 20.02.2024).
4. *Савелов, И.С., Варибрус Д.С.* Проектирование в программном комплексе Autodesk Revit // Инновационная наука. - 2019 - С. 47-49. EDN: RSCXOR (Дата обращения: 20.02.2024).
5. *Дубинин Д.А.* Преимущества использования и развития отечественного BIM: система для трехмерного проектирования Renga // Инженерный вестник Дона. - 2017. - № 3. [Электронный ресурс] URL: <http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf> (Дата обращения: 22.02.2024).
6. [Электронный ресурс] URL: <https://www.revitapidocs.com/> (Дата обращения: 22.02.2024).
7. [Электронный ресурс] URL: <https://metanit.com/sharp/tutorial/> (Дата обращения: 22.02.2024).

*Синягина Ксения Александровна, студентка 4 курса 3 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
канд. техн. наук, доц. Е.В. Макиша*

МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОПОТОЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ И КЭШИРОВАНИЯ ПРИ РАБОТЕ С ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛЬЮ

В современном мире информационные модели становятся все более сложными и объемными, включая огромные объемы данных и вычислений. С увеличением сложности моделей в сфере информационного моделирования (ТИМ) [1-4] и других областях, обработка таких моделей требует значительных ресурсов и может занимать много времени.

При работе с САПР-программами, такими как Revit или Renga, часто возникает необходимость в обработке больших моделей, что требует значительного времени.

На первый взгляд решение проблемы уже есть - обрабатывать все элементы модели одновременно, то есть использовать многопоточные вычисления.

Однако, многие САПР-программы не полностью поддерживают многопоточные вычисления из-за особенностей их архитектуры. Например, для изменения элемента модели обычно требуется открыть транзакцию, и программы не позволяют открывать несколько параллельных транзакций одновременно.

Кроме того, внутри транзакций также нельзя изменять объекты параллельно. Решение проблемы с транзакцией может состоять в разделении процесса обработки данных и трансформации модели.

Данные могут быть временно отделены от основной модели, обработаны параллельно, а затем внесены обратно в модель. Здесь применяется метод кэширования данных модели.

Такой метод позволяет избежать проблем с параллельной обработкой данных внутри транзакций.

Многопоточные вычисления и кэширование – это два ключевых аспекта оптимизации производительности при работе с информационными моделями.

Многопоточные вычисления позволяют эффективно использовать ресурсы многопроцессорных систем, разбивая вычислительные задачи на более мелкие части и выполняя их параллельно в разных потоках выполнения.

Это позволяет ускорить обработку данных и сократить время выполнения вычислений.

Кэширование также играет важную роль в оптимизации работы с информационными моделями. Кэширование позволяет временно сохранять результаты вычислений или доступа к данным в более быстродействующей

памяти для повторного использования, что сокращает время доступа к данным и улучшает общую производительность системы.

Целью проекта является разработка программного обеспечения для автоматизации процессов с использованием многопоточных вычислений и кэширования.

Основной задачей является создание эффективного алгоритма, который позволит оптимизировать процессы обработки данных и повысить производительность приложения.

Для достижения этой цели предполагается изучение существующих методов и технологий в области многопоточного программирования и кэширования данных, и их последующее использование.

Задачи проекта включают в себя проектирование архитектуры программного решения, разработку соответствующего алгоритма, его реализацию и тестирование на различных наборах данных.

Для достижения поставленных целей был разработан и практически реализован алгоритм автоматизации занесения параметров из файла в информационную модель (ИМ) с использованием многопоточных вычислений и кэширования.

Тестирование алгоритма будет производиться на модели в САПР-программе (рисунок 1), которая содержит около 10000 элементов с параметрами, которые будут обновляться.

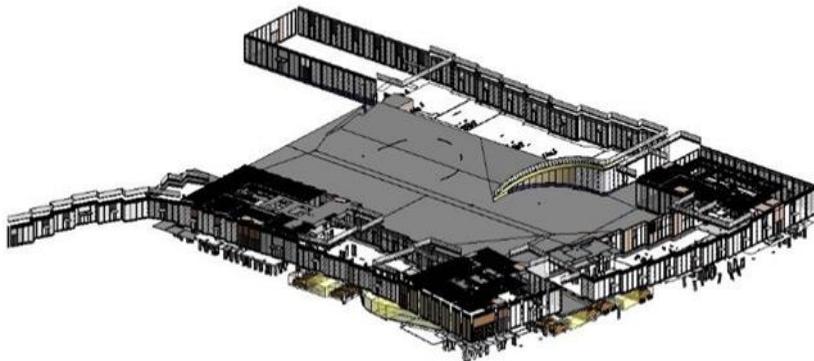


Рисунок 1 – Тестова модель проекта

Обновление параметров будет связано с файлом-хранилищем (рисунок 2), в котором содержится уникальные идентификаторы элементов и соответствующие им значения параметров.

Также, для проверки эффективности применения многопоточных вычислений и кэширования при работе с моделью были разработаны и протестированы две разные программы, отличающиеся алгоритмом действия [5].

05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ea19
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048eac1
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048eaca
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ead3
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048eb33
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048eb3c
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048eb5c
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ebd5
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ebde
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ebf0
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ebf9
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ec02
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ec0b
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ec14
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ec1d
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ec3f
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ec62
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ecc5
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ecec
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ed01
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ed2e
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048edc8
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ee15
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ee53
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048ee98
05.04.04	Установка дверей в кладовых	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048eec9
04.01.09.01	Установка противопожарных дверей	3975f90b-c387-4486-a682-c39e45aa95b7-0048efcd
04.01.09.01	Установка противопожарных дверей	3f04db01-0c32-4887-9493-810da4027624-004921d1
04.01.09.01	Установка противопожарных дверей	3f04db01-0c32-4887-9493-810da4027624-00495f36
04.01.09.01	Установка противопожарных дверей	386a3ae7-6697-433b-9d40-fa94bc550708-004a7efb
04.01.09.01	Установка противопожарных дверей	386a3ae7-6697-433b-9d40-fa94bc550708-004a7f80
04.01.09.01	Установка противопожарных дверей	386a3ae7-6697-433b-9d40-fa94bc550708-004a7f97
04.01.09.01	Установка противопожарных дверей	386a3ae7-6697-433b-9d40-fa94bc550708-004a7fff
05.04.04	Установка дверей в кладовых	386a3ae7-6697-433b-9d40-fa94bc550708-004a8061
05.04.04	Установка дверей в кладовых	386a3ae7-6697-433b-9d40-fa94bc550708-004a807e
05.04.04	Установка дверей в кладовых	386a3ae7-6697-433b-9d40-fa94bc550708-004a80b2
05.04.04	Установка дверей в кладовых	386a3ae7-6697-433b-9d40-fa94bc550708-004a80b3
05.04.04	Установка дверей в кладовых	386a3ae7-6697-433b-9d40-fa94bc550708-004a80cd
05.04.04	Установка дверей в кладовых	386a3ae7-6697-433b-9d40-fa94bc550708-004a80ce
05.04.04	Установка дверей в кладовых	386a3ae7-6697-433b-9d40-fa94bc550708-004a80d5
05.04.04	Установка дверей в кладовых	386a3ae7-6697-433b-9d40-fa94bc550708-004a80f4
05.04.04	Установка дверей в кладовых	386a3ae7-6697-433b-9d40-fa94bc550708-004a8116
05.04.04	Установка дверей в кладовых	386a3ae7-6697-433b-9d40-fa94bc550708-004a812f
05.04.04	Установка дверей в кладовых	386a3ae7-6697-433b-9d40-fa94bc550708-004a8161

Рисунок 2 – Файл с данными

При создании обеих программ был использован язык программирования C#. Язык C# широко используется для разработки приложений в среде .NET и обладает мощными инструментами для создания высокопроизводительных и масштабируемых приложений.

Алгоритм первой программы без использования кэширования и многопоточности:

1. В этой программе файл с данными считывается непосредственно перед сравнением с моделью.

2. Каждый раз, когда необходимо получить характеристики элемента модели для сравнения с данными из файла, происходит обращение к файлу.

3. Программа последовательно сравнивает каждый элемент модели с соответствующими данными из файла, что может быть ресурсоемким процессом.

В первой программе недостатком алгоритма является то, что каждый раз при сравнении элементов модели с данными из файла происходит доступ к файлу и модели, что очень затратно по времени.

Отсутствие механизма кэширования приводит к повторному чтению данных из файла и обращению к элементам модели при каждом сравнении, что сильно снижает производительность.

Также выполнение программы происходит в однопоточном режиме, что может привести к неэффективному использованию ресурсов процессора и дополнительным задержкам в обработке данных.

Алгоритм второй программы с использованием кэширования и многопоточности:

1. В этой программе создается кэширующий класс `Data.cs` [6], который хранит в себе основные характеристики элемента модели: значение параметра, уникальный идентификатор (GUID) и ссылку на сам элемент.

2. В начале программы данные из файла и модели считываются и после создаются два списка кэш-объектов: один для данных из файла и один для элементов модели.

3. Каждый элемент из списка элементов модели сравнивается с каждым элементом из списка данных из файла по уникальному идентификатору (GUID). Если обнаруживается совпадение GUID, соответствующий элемент модели и данные из файла помещаются в отдельный список совпадений. Сравнение происходит в параллельном режиме с помощью класса `Parallel` из библиотеки `System.Threading.Tasks` [7], который предоставляет поддержку параллельных циклов.

4. После завершения сравнения списков происходит проход по списку совпадений. Для каждой пары элемента модели и данных из файла в списке совпадений значения из файла заносятся в соответствующий параметр элемента модели.

Таким образом, во второй программе при сравнении элементов модели с данными из файла происходит обращение к кэшу, что позволяет избежать повторного чтения данных из файла и уменьшить нагрузку на систему. Кроме того, выполнение сравнения элементов модели и данных из файла распараллелено, что позволяет использовать многопоточные вычисления и ускорить процесс обработки.

Блок – схема алгоритма второй программы представлена на рисунке 3.

Для тестирования производительности программ на различных объемах данных было проведено несколько тестов, включающих обработку разного количества элементов модели: 1, 100, 500, 1000, 5000 и 10000 элементов. Каждое тестирование было проведено несколько раз для получения более достоверных результатов.

После завершения были получены данные о времени выполнения каждой программы для каждого количества обрабатываемых элементов.

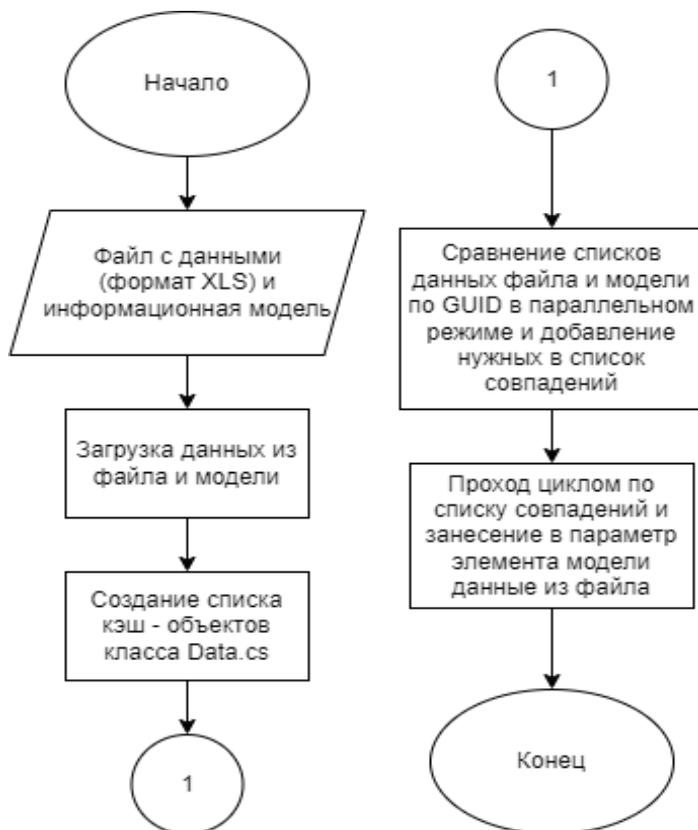


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма автоматизации занесения параметров в модель

Анализ этих данных позволил выявить зависимость времени выполнения программы от объема данных и сравнить производительность обеих программ.

Результаты затраченного времени представлены в виде графика (рис. 4), отображающих зависимость времени выполнения от количества обрабатываемых элементов модели.

На оси X отображается количество обрабатываемых элементов модели (100, 1000, 5000, 10000). На оси Y отображается время выполнения программы (в миллисекундах).

Результаты работы обеих программ показывают, что при обработке небольшого количества элементов модели разница во времени выполнения практически незаметна. Однако, с увеличением количества обрабатываемых элементов модели наблюдается значительное увеличение разницы во времени выполнения между программами.

Сравнение времени работы

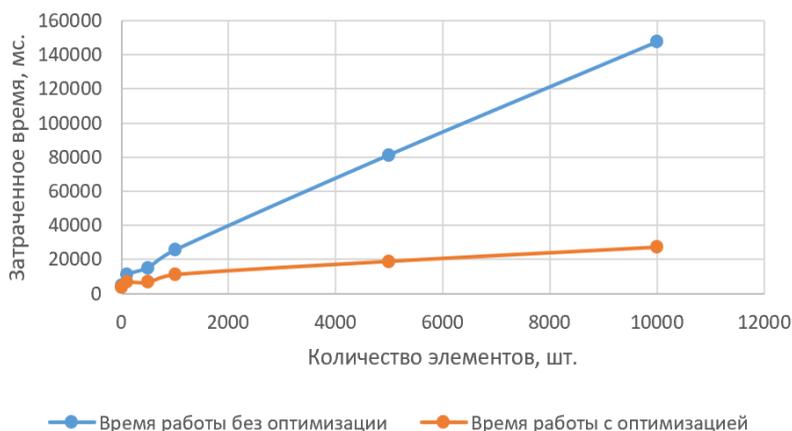


Рисунок 4 – Сравнение времени работы программ

Например, при обработке 100 элементов разница во времени составляет 1,6 раза, при 1000 элементах - 2,3 раза, при 5000 элементах - 4,3 раза, и при 10000 элементах - 5,5 раза.

Эти результаты явно демонстрируют преимущества использования кэширования и многопоточных вычислений, что приводит к более эффективной обработке данных и существенному ускорению работы программы при обработке больших объемов информации.

Таким образом, многопоточные вычисления и кэширование представляют собой мощные инструменты для оптимизации работы с информационными моделями, помогая сократить время обработки данных и повысить производительность системы в целом.

Полученные результаты тестирований подтвердили эффективность использования кэширования и многопоточных вычислений во второй программе, особенно при обработке больших объемов информации, где разница во времени выполнения программ становится наиболее заметной. Использование такой оптимизации при работе с информационной моделью

может существенно повысить производительность и эффективность работы системы, особенно при обработке больших объемов данных или при выполнении сложных вычислений.

В заключении можно сказать, что алгоритмы, основанные на использовании кэширования и многопоточных вычислений, находят широкое применение в области технологии информационного моделирования зданий (ТИМ), где обработка больших объемов геометрических данных и анализ параметров модели требуют эффективных методов.

Например, в программном обеспечении для ТИМ проектов алгоритмы кэширования могут использоваться для временного хранения данных о геометрии зданий или параметрах элементов модели, таких как материалы или типы конструкций, для быстрого доступа при выполнении различных операций, например, рендеринга или анализа структурной нагрузки.

Библиографический список

1. *Ложкин Н.Д.* BIM-технологии проектирования. – КГТУ, 2020. – с. 17 – 19. [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42806171> (дата обращения: 20.02.2024).
2. *Рахматуллина Е.С.* BIM-моделирование как элемент современного строительства. – 2017. – с. 2849-2866. [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30508389> (дата обращения: 20.02.2024).
3. *Гинзбург, А.В.* Современные стандарты информационного моделирования в строительстве // Научное обозрение. – 2017. – с.16 –20. [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29993129> (дата обращения: 20.02.2024).
4. *Рыбина А.В., Гаряева В.В.* Анализ эффективности применения программ моделирования 3D-объектов в строительном проектировании // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 5. С. 246 (дата обращения: 20.02.2024).
5. *Вольфсон. Б.* Гибкие методологии разработки. // Питер. – 2012. – 112 с. (дата обращения: 20.02.2024).
6. [Электронный ресурс] URL: <https://www.revitapidocs.com/> (дата обращения: 22.02.2024).
7. [Электронный ресурс] URL: <https://metanit.com/sharp/tutorial/> (дата обращения: 22.02.2024).

Скрытников Александр Сергеевич, студент 4 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. **Е.В. Игнатова**

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ЦИМ С ПРИМЕНЕНИЕМ API

Современные тенденции развития строительной отрасли связаны с применением новейших технологий и инновационных подходов, относящимся ко всем аспектам процесса строительства. Одним из таких подходов является внедрение технологий информационного моделирования, связанных со всеми этапами жизненного цикла строительного объекта. Переход отрасли промышленного и гражданского строительства на более высокий уровень конкурентоспособности и эффективности связан с разработкой цифровых информационных моделей (ЦИМ), которые полностью представляют физические, функциональные и прочие характеристики объектов [1].

Развитие технологий привело к увеличению сложности моделей и необходимости их быстрой разработки, информационной наполненности, проверки и анализа. Одним из способов ускорения и упрощения процесса разработки ЦИМ является автоматизация с применением прикладных программных интерфейсов (API).

Цель исследования – анализ технологий разработки ТИМ-приложений с использованием API.

API (Application Programming Interface) – это интерфейс для взаимодействия программ с использованием определенных правил и инструментов, способствующий интероперабельности. API определяет способы, использования функциональности программного обеспечения для целей разработчиков. При этом разработчик не обязан знать все детали его реализации. Часто API используется для расширения функциональности программного обеспечения. В САПР API может помочь решить следующие задачи:

- Автоматизировать процессы;
- Обеспечить интеграцию с другими приложениями;
- Разработать дополнения и расширения к программному продукту;
- Настроить пользовательский интерфейс;
- Разработать приложения-клиенты.

Важной составляющей взаимодействия с элементами модели как через интерфейс программы, так и через средства API является получение существующей и генерация новой атрибутивной информации, помещаемой в информационную модель.

Для автоматизации процесса разработки ЦИМ с применением программного интерфейса важно понимать какими параметрами обладают элементы модели и какие операции можно совершать над ними.

В таблице 1 приведен сравнительный анализ по возможностям функций API в различных системах автоматизированного проектирования, связанных с вычислением и извлечением необходимых атрибутивных данных на примере элемента из категории проектирования «Стены» [2].

Таблица 1. Сравнение программных продуктов

Наименование параметра	Allplan	Archicad	Renga	Revit
Площадь	+	+	+	*
Количество проемов	-	*	-	*
Высота	+	+	+	+
Объём	+	+	+	+
Толщина стены	+	+	+	+
Толщина слоев материала	+	+	+	+
Длина	+	+	+	+
Масса конструкции	-	-	+	-
Масса арматуры в конструкции	-	-	-	-
Высота этажа	+	-	*	+

Знак «+» показывает, что указанные параметры без проведения дополнительных вычислений могут быть извлечены стандартной функцией API соответствующего программного обеспечения.

Знак «*» показывает, что указанные параметры могут быть извлечены стандартной функцией API соответствующего программного обеспечения только с дополнительными вычислениями.

Знак «-» показывает, что указанные параметры не могут быть извлечены стандартной функцией API соответствующего программного обеспечения. Эти параметры должны быть внесены пользователем в явном виде в свойства элемента.

Сравнительный анализ наглядно показывает, что использование API в процессе информационного моделирования позволяет автоматизировать процесс получения и заполнения большинства необходимых атрибутивных параметров.

Одним из немаловажных аспектов автоматизированной разработки ЦИМ является применение плагинов и расширений для САПР. Для каждого программного обеспечения разработчики предоставляют документацию по применению API, которая содержит описание доступных функций, классов и методов.

Для разработки дополнительных модулей в зависимости от поддерживаемых языков программирования API конкретной САПР, выбирается язык, наиболее подходящий для поставленных задач. Наиболее популярными являются C++, C#, Python [3].

Процесс разработки плагинов с использованием API может быть достаточно сложным. Однако они позволяют значительно расширить

возможности и автоматизировать процесс разработки моделей, что демонстрируют компании, выпускающие модульное программное обеспечение для рынка САПР.

Взаимодействие программных продуктов систем автоматизированного проектирования через API играет значимую роль в обеспечении совместной работы различных приложений и платформ в рамках процесса проектирования и моделирования [4].

К программному взаимодействию систем относятся:

- Обмен геометрическими данными;
- Передача параметров и настроек;
- Интеграция с базами данных и системами управления данными;
- Обмен форматами файлов.

Таким образом, взаимодействие программных продуктов САПР через API позволяет пользователям работать более эффективно, обмениваться данными и интегрировать различные инструменты и системы для достижения лучших результатов в проектировании и моделировании.

Настройка пользовательского интерфейса (UI) с использованием API также представляет собой важный аспект, который позволяет пользователям адаптировать интерфейс приложения под свои собственные потребности и предпочтения. Добавление новых инструментов, настройка меню, панелей, оформление и создание диалоговых окон, значительно влияют на удобство и эффективность использования программы, что дает пользователям большую гибкость и контроль над работой в приложении [5].

Объединение рассмотренных ранее способов позволяющих автоматизировать процесс разработки ЦИМ с использованием API в модульное программное обеспечение является достаточно распространенной практикой среди компаний-дистрибьютеров расширений для САПР.

Ведь именно комплексный подход способствует значительному улучшению процессов проектирования, сокращению времени разработки и повышению эффективности работы, а также способствует повышению качества проектирования и снижению рисков за счет автоматизации проверки соответствия стандартам и правилам проектирования, а также за счет улучшения взаимодействия между участниками проекта и улучшения обмена данными.

В целом, комплексный подход к автоматизации разработки информационной модели с использованием API в САПР системах открывает новые возможности для инноваций, улучшения производительности и сокращения времени на достижение результатов. Это ключевой элемент обеспечения успешной реализации проектов в современной индустрии проектирования и строительства.

Выводы.

Автоматизация разработки цифровой информационной модели (ЦИМ) с применением API предоставляет мощную технологию для улучшения

процессов проектирования и строительства в целом, а также при использовании информационного моделирования строительных объектов.

Ускорение процессов создания и обработки моделей, позволяет проводить анализ и оптимизацию проектов, а также улучшает взаимодействие между участниками проекта. Это способствует повышению эффективности проектирования, снижению рисков и сокращению времени на реализацию проектов.

Автоматизация разработки ЦИМ с применением API открывает новые возможности для инноваций и стимулирует развитие в области строительства и проектирования. Компании получают доступ к расширенным функциональным возможностям, которые позволяют им создавать более сложные и точные информационные модели, а также быстрее реагировать на изменения в требованиях рынка и улучшать свою конкурентоспособность.

Библиографический список

1. *Рахматуллина Е.С.* BIM-моделирование как элемент современного строительства // Российское предпринимательство. – 2017. – Том 18. – № 19. – С. 2849-2866. [Электронный ресурс] URL: <https://economic.ru/lib/38345> (дата обращения: 23.02.2024)

2. *Пурс Г.А., Изатов В.А., Воронин И.А.* Сравнительный анализ функционала API BIM-систем с позиций экономических задач. [Электронный ресурс] URL: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=21973 (дата обращения: 23.02.2024).

3. *Борман А., Кениг М., Кох С., Битц, Дж.* (ред.): Информационное моделирование зданий - основы технологий и отраслевая практика, Springer, 2018, DOI: 10.1007/978-3-319-92862-3. [Электронный ресурс] URL: https://publications.cms.bgu.tum.de/books/bim_2018/12_BIMProgramming_07.pdf (дата обращения: 24.02.2024).

4. *Егоркин А.М.* Взаимодействие сапр с другими автоматизированными системами. Взаимодействие с АСНИ, АС ТПП, АСУП // Международный студенческий научный вестник. 2019. № 6. [Электронный ресурс] URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19844> (дата обращения: 24.02.2024).

5. *Мухлаев А.В., Сеченов М.Д.* Адаптивный интерфейс пользователя САПР // Всероссийская конференция «Интеллектуальные САПР-96». [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnyy-interfeys-polzovatelya-sapr> (дата обращения: 24.02.2024).

*Суя Мария Николаевна, Городилова Анастасия Юрьевна,
студентки 4 курса 8 группы ИЦТМС;
Денисова Екатерина Сергеевна, студентка 4 курса 5 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
канд. техн. наук, доц. Т.А. Федосеева*

АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В МАЛЫЙ БИЗНЕС ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ

Цель. Исследование уровня цифровизации и перспектив ее развития для лесопромышленного комплекса в Кировской области. Анализ деятельности малого бизнеса и описание целесообразности частичной автоматизации бизнес-процессов для малого бизнеса.

Ключевые слова. Цифровизация, малый бизнес, бизнес-процесс, реинжиниринг, автоматизация

Информационные технологии развиваются стремительно, организациям требуется заполнять больше документов для отчетности в ЕГАИС лес, тем самым организациям приходится работать с увеличенным объемом данных и участвовать в усложняющихся, с точки зрения обмена, связях между контрагентами [1]. Поддержание гибкости и инновационной работы, внедрение новых информационных технологий в процесс работы позволяет облегчить процесс обмена документами, а также увеличивать мощности предприятий за счет более быстрого соглашения сделок. Но внедрение новых информационных продуктов в предприятие приводит к перестройке бизнес-процессов и целей развития. Минусом внедрения информационных продуктов считаются затраты на покупку и внедрение продукта, но в большинстве случаев задачи с перестроением бизнеса не рассматриваются, что приводит к минимизации полезного действия от внедрения, чаще всего некоторым структурам предприятия добавляется работа и внедрение продукта не приводит к желаемому результату. В сентябре 2023 года Президент РФ поручил ускорить создание нормативной документации, которая позволит строить в России высотные деревянные дома выше 12 этажей. Распоряжение было отдано на совещании по вопросам развития строительной отрасли.

Таким образом необходимо определение текущего уровня развития цифровых технологий на предприятиях в сфере деревообработки, необходимо провести анализ рынка, деятельности предприятия и выявить проседающие места. Так как с большой долей вероятности спрос на деревянную продукцию возрастет. В данном исследовании в качестве объекта исследований рассматривается лесопромышленный комплекс Кировской области. Кировская область традиционно является одним из ведущих российских регионов в сфере лесной промышленности.

Лесопромышленный комплекс Кировской области состоит из лесозаготовительной промышленности; деревообрабатывающей промышленности; целлюлозно-бумажной и лесохимической промышленности. Все они технологически связаны между собой на основе заготовки древесного сырья и его последующего использования для переработки. Большинство предприятий находится на низком информационном обеспечении производства, по данным Министерства информационных технологий и связи в Кировской области, в особенности небольшие и мелкие предприятия сектора [2]. Среднее количество используемых цифровых решений (из 24) в среднем 7-9 единиц.

Степень автоматизации предприятий можно разделить на 5 уровней:

1) Использование базовых компонентов ИС. Текстовые редакторы, электронная почта. Данный уровень автоматизации используется в большинстве предприятий и не вносит значительного упрощения деятельности и преимуществ перед конкурентами, здесь так же необходим ручной труд и навыки персонала.

2) На втором уровне предполагается интеграция систем в бизнес. Например ERP. Данный вид автоматизации вносит значительные упрощения контроля деятельности организации.

3) На следующем этапе необходимо произвести реинжиниринг бизнес-процессов, выявить части бизнеса, которые требуют модернизации. Это более трудоемкий процесс, требующий затрат ресурсов, в том числе человеческих. Но проведя успешно данное мероприятие, предприятие достигает снижения затрат и увеличение мощности.

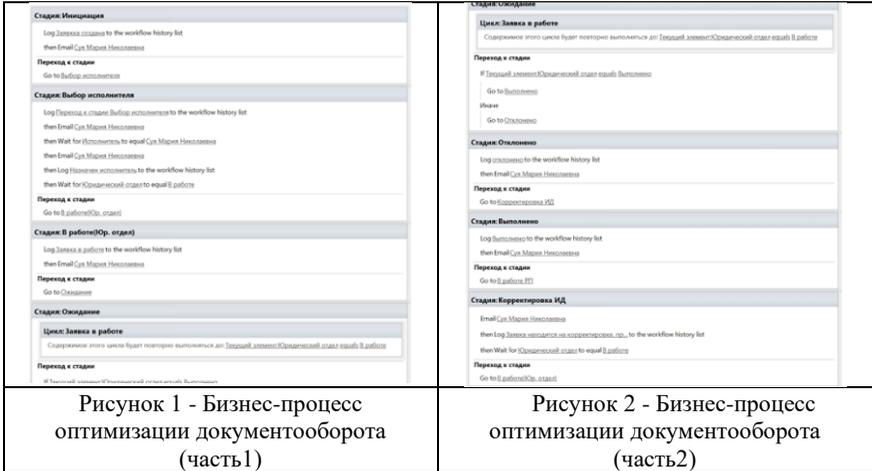
4) Партнерство с другими организациями, обмен информацией для достижения общих позитивных целей.

5) Полная реорганизация, перестройка бизнеса под новый вид продукции. Данный этап возможен только после 4 этапа, осознания необходимости изменений [3].

Внедрение информационной системы в отдельные части производства поможет сократить затраты на персонал и упростить отчетность предприятия, но не понесет за собой большие издержки. Удачной для автоматизации является система учета качества выпускаемой продукции, планирования производства и учет рабочего времени сотрудников, а также система документооборота [4]. Автоматизацию можно провести в несколько этапов, чтобы не затормозить процесс работы предприятия и растянуть затраты во времени. Проанализировав отрасль в регионе и деятельность малого бизнеса построен бизнес-процесс согласования договора с юридическим отделом, с использованием Share point Designer [5], с целью оптимизации деятельности и снижения нагрузки на сотрудников предприятия деревообработки.

Пример оптимизации процесса согласования заявки на выполнение проекта по деревообработке представлен на рисунках 1-2 [6]. Рекомендовано разбить процесс на несколько этапов, для сокращения денежных затрат в

единицу времени, и постепенного внедрения для успешного обучения сотрудников без отрыва от производства, т. к. лесная отрасль сильно зависит от времени года и температурных изменений.



В результате анализа лесной отрасли Кировской области и деятельности малого бизнеса в регионе были выявлены слабые стороны и разработана стратегия автоматизации деятельности предприятия, с помощью информационных технологий, для поэтапного внедрения их в бизнес-процессы организации с минимальными рисками.

Библиографический список

1. *Раменская Л.А., Мехренцев А.В., Стариков Е.Н.* Цифровизация как новый фактор структурно-организационного развития лесного бизнеса. / Экономика и бизнес. 2018. С. 69-78.
2. Планы строительства из дерева [Электронный ресурс] URL: <https://www.kirovreg.ru/> (дата обращения: 13.02.2024).
3. *Гаранин В.Н., Литвинович Д.В, Садовский М.В.,* Обоснование необходимости использования базы данных деталей и узлов для производства деревообрабатывающего оборудования. / Общественные вопросы лесопромышленного комплекса. 2022. С. 217-225.
4. Справка по Share point [Электронный ресурс] URL: <https://support.microsoft.com/ru-ru/office/> (дата обращения: 20.02.2024).
5. *Павкина Н.Н.* Организация документооборота в современных учреждениях // Актуальные проблемы современности: наука и общество. 2020. №1 (26). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiy> (дата обращения: 20.02.2024).
6. *Кольшикина Т. Б., Шустина И. В.* Деловые коммуникации, документооборот и делопроизводство. М.: Юрайт, 2023. 146 с.

*Тарчоков Мухамед Заурович, студент 4 курса 3 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Е.В. Игнатова*

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА КОЛЛИЗИЙ В ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ Renga

Строительство, как и любая другая отрасль зачастую внедряет информационные технологии в свои процессы, которые помогают совершенствовать работу. Одна из таких технологий, называемая BIM (Building Information Modeling), приводит к существенному совершенствованию процессов проектирования, строительства и управления объектами. Если коротко, то BIM представляет собой процесс создания и управления информацией о строительных объектах в цифровом формате на протяжении всего их жизненного цикла. BIM, как процесс, включает в себя следующие ключевые этапы и элементы:

1. Создание цифровой модели
2. Заполнение модели информацией
3. Анализ и оптимизация модели

Больше всего IT-специалистов, как возможная сфера для внедрения автоматизации, интересует анализ и оптимизация модели.

На этой стадии информационного моделирования по готовой и заполненной данными модели мы проводим различного рода проверки. Они оценивают в модели как информационный смысл, так и геометрический. Первое, это проверка модели на заполненность параметров данными и на их логичность (рисунок 1).

Список элементов моделей:

- Стены
- Гидроизоляция (стена/пер.)
- Утеплитель фундам. (стена)
- Перекрытия
- Галтели (перекрытия)
- Колонны несущие
- Сваи (колонны несущие)
- Балки (каркас несущий)
- Лестницы
- Фундаменты (фундамент)
- Гидрошпонка
- Крыши (бетон. подготовка)

Список параметров:

- OLP_Номер секции
- OLP_Этаж
- OLP_Водонепроницаемость (Тип)
- O_Обозначение (Тип)
- ФСК_Описание (Тип)
- OLP_Материал (Тип)
- ФСК_Коэффициент арм. (экз.)
- OLP_Морозостойкость (Тип)
- Раздел (экз)
- Объем

Рисунок 1 – Описание нужных проверок параметров модели из ТЗ

Такая проверка нужна для формирования детальной информации о проекте при разработке проектной и рабочей документации (спецификации, ведомости объемов работ и т.д.).

Проверки геометрических данных связаны непосредственно с коллизиями в модели, то есть с неестественными пересечениями геометрических элементов модели (рисунок 2).

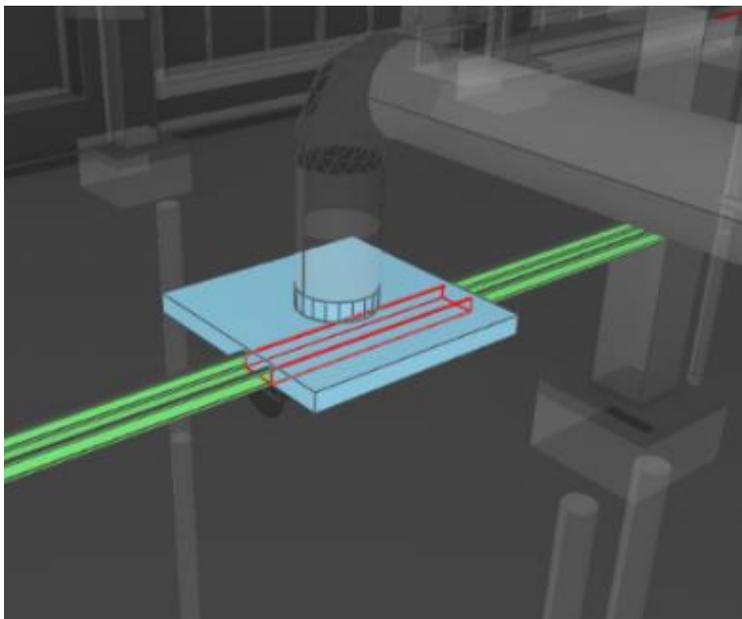


Рисунок 2 – Пример коллизии между элементами модели

Данный вид проверок позволяет избежать большого процента ошибок, которые возникают при проектировании здания без технологии BIM, которые потом обнаруживаются при строительстве здания. Проверки коллизий позволяют значительно экономить деньги на потерях и издержках.

Цель исследования – автоматизировать процесс проверки модели на коллизии в программном комплексе Renga.

При построении цифровой информационной модели в программе Renga для поиска коллизий требуется выгрузка модели в отдельный файл. Проверка происходит в другом ПО (Pilot-BIM, tangle control и т.д.).

Этот процесс удлинится за счет правильной настройки экспорта и за счет самой выгрузки. Помимо этого, компаниям как юридическим лицам нужно выкупать отдельно серверные лицензии для использования стороннего ПО (всего лишь для проверки на коллизии).

В этой статье будет предложено решение в виде использования плагина на базе среды визуального программирования Dynamo, который позволит, не выгружая модель, проверить ее на наличие геометрических пересечений между элементами.

На вход данного плагина будет подан файл с заранее введенными, нужными нам, проверками с дополнительными условиями и параметрами (допуск, тип пересечения и т.д.).

Для разработки плагина следует в первую очередь определить алгоритм, который будет запрограммирован в Dynamo. Предлагаются следующие шаги:

1. Инициализация проекта плагином
2. Распределение элементов по группам, согласно поисковым наборам
3. Запуск итерационного процесса на проверку коллизий между, указанными в каждом правиле, группами
4. Учет при проверки дополнительных параметров (допуск, тип пересечения и т.д.)
5. Распределение по группам (правилам) найденных пересекающихся элементов
6. Экспорт отчета о проверке с описанием элементов, типа коллизии и т.п.

После составления алгоритма следует приступить к его реализации.

Для дальнейшей работы с проектами Renga из Dynamo необходимо установить авторский пакет нодов RengaDym, который позволяет взаимодействовать как с самим проектом, так и с его объектами.

После установки данного пакета, для понимания работы данных нодов рекомендуется пройти авторский курс по данному пакету, например на портале Vysotskiy consulting.

Пройдя данный курс, уже можно приступить к практической реализации. Пример на рисунке 3.

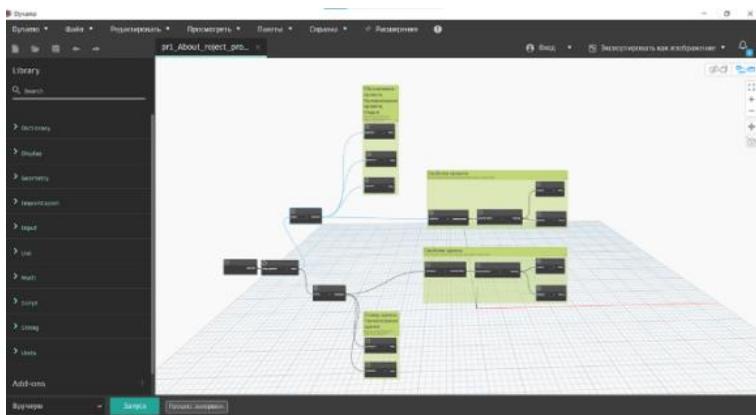


Рисунок 3 – Разработка плагина в среде Dynamo

В заключении хочется отметить, что данный плагин имеет высокое практическое применение в сфере информационного моделирования, особенно если учитывать государственную стратегию импортозамещения. Также функционал данного скрипта имеет множество направлений для его доработки, что только повышает его ценность, как инструмента проектировщика.

Библиографический список

1. *Миронов В.Ю., Яруш, И.Ю., Чернявская, В.Ю.* (2020). Анализ применения информационного моделирования зданий (BIM) при реализации строительных проектов в России. *Инженерный вестник Дона*, 2020. 121-129
2. *Жарова Е.В., Зайцев В.В.* Применение BIM-технологии для управления жизненным циклом объектов недвижимости. / *Материалы VII Международной научно-практической конференции. Инженерное образование и наука 2017.* С. 84-86.
3. *Васильев В.П., Смирнов В.В., Шангина К.С.* 2017. Информационное моделирование зданий: технологии и методы. Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
4. *Рымкевич А.С.* 2016. BIM: технологии информационного моделирования в строительстве. Москва: Издательский дом «Интеллект».
5. *Петров И.В., Шапарев А.Г.* Особенности применения BIM-технологий в строительстве зданий и сооружений. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* № 19 (2). 2019С. 398-403.
6. *Vysotskiy consulting* [Электронный ресурс]. URL: <https://bim.vc/> (дата обращения: 22.02.2024).

Тихненко Павел Олегович,
студент магистратуры 2 курса 5 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. К.Ю. Лосев

ВИЗУАЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ В ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ВЕДЕНИЯ ПРОЕКТА

Введение

В двадцатом веке происходит колоссальный подъем уровня информационных технологий. На данный момент сложно представить даже самую малую по численности компанию, которая не использует информационные технологии для автоматизации выполнения задач или же сбора данных. Программирование, как основа информационных технологий также не стоит на месте, оно развивается быстрыми темпами. Визуальное программирование, которое является одним из видов программирования, появилось в конце 1970-х годов. Изначально данное направление называлось *dataflow programming*. Главным принципом такого программирования является возможность представления любого процесса в виде графика. Такой график показывает поток данных между блоками, при этом появляется возможность отследить поток данных на любом элементе в рассматриваемом процессе. В подходе *dataflow programming* [1] существует несколько важных аспектов, на которых строится данный принцип программирования:

- Основа работы *dataflow programming* – активация вычислительных операций на вершинах графа – *Node* – узел, который является элементом, производящим вычислительные действия с входной информацией;
- Узлы передают все информацию только через специальные каналы – Порты – точки соединения узлов;
- Активация – вычислительная работа узлов;
- Результаты вычислений узлов со временем могут изменяться.

Визуальное программирование создавалось с целью упрощения работы, сокращения времени на написание алгоритма, который будет выполнять ту или иную заданную функцию, а также для уменьшения количества синтаксических ошибок [2].

Способ отображения информации

На практике работать в среде визуального программирования не сложно, однако необходимо обладать знаниями о среде, в которой происходит работа. Визуальное программирование сводится к знанию работы тех или иных узлов, в зависимости от выбранной среды программирования, и правильном их соединении через порты для достижения поставленного результата.

Информационные технологии не ограничиваются лишь программированием, они охватывают практически все сферы деятельности

человека, одной из которых является управление рисками и проектами, в которых присутствует Система поддержки принятия решений – автоматизированные системы, разработанные для помощи лицам, принимающим решения в оценке результатов и выработке правильной стратегии решения. Такие системы активно развивается с середины 90-х годов XX века. [3]. На данный момент наиболее воспринимаемым способом отображения информации для ЛПР является текст-графический способ, самой наглядной реализацией которого на сегодня является информационно-графическая панель «dashboard» (ИФП). На данной панели отображаются графики, диаграммы, которые строятся на основе данных, полученных из других систем. Эти панели берут данные из настроенных источников и могут обновляться автоматически или же с заданным интервалом, а также могут вести обновление в режиме реального времени.

При построении такой ИФП есть несколько ключевых правил, которые следует соблюдать:

1. Необходимо собрать все требуемые данные из различных источников. Источником данных могут быть, таблицы Excel, Google Analytics и другие.

При сборе данных необходимо учитывать:

- Источники загружаемых данных: необходимо определить источники данных, на основе которых будет собираться информация. Это могут быть базы данных, CRM-системы, Google Analytics, Excel-файлы и другие источники.

- Качество данных: следует убедиться, что данные актуальны, точные и полные, чтобы избежать искажений в анализе.

- Согласованные метрики: необходимо определить ключевые метрики и показатели производительности, которые будут отображаться.

2. Визуализация данных: при визуализации данных на ИФП важно выбирать подходящие типы графиков и диаграмм для каждого конкретного набора данных [4, 5]. Например, для отображения временных трендов можно использовать линейные графики, а для сравнения категорий - столбчатые диаграммы. Важно также обращать внимание на цветовую схему, подписи осей, легенды и другие элементы, чтобы данные были понятны и информативны [6].

3. Организация и компоновка: при организации данных на дашборде важно учитывать удобство использования для пользователей. Размещать ключевые метрики и графики необходимо на видном месте, а использование различных цветов и шрифтов необходимо для выделения важной информации. Следует разделять данные на блоки или вкладки в зависимости от их тематики, чтобы пользователи могли легко найти нужную информацию. Также стоит обратить внимание на композицию ИФП, чтобы визуализация размещаемых данных выглядела эстетично и профессионально.

С развитием информационных технологий стало возможным использовать визуальное программирование для помощи ЛПР в определении наиболее выгодного и правильного решения. Данный инструмент позволяет значительно увеличить скорость работы с данными, а также уменьшить количество ошибок.

Построение дашборда с помощью визуального программирования может включать в себя следующие вещи:

1. Выбор системы для визуального программирования: на данный момент разработано множество сервисов (как платных, так и бесплатных), в которых возможно создавать Панели при помощи визуального программирования, таких как: Tableau, LOGINOM, Power BI, Google Data Studio, и другие.

2. Импорт данных: в выбранный инструмент необходимо загрузить данные, которые должны затем визуализироваться. Обычно данные могут быть импортированы из файлов Excel, баз данных или через API (Application Programming Interface).

3. Создание визуализации: визуальное программирование используется для создания различных типов графиков, диаграмм, таблиц и других элементов визуализации данных.

4. Организация элементов на ИФП: необходимо расположить элементы в порядке для их удобного и корректного чтения

5. Добавление интерактивности: многие инструменты для визуального программирования позволяют добавить интерактивные элементы на ИФП, такие как фильтры, выделение данных при наведении курсора, переключение между различными видами данных и т.д.

Результаты

Визуальное программирование все чаще используется в различных компаниях для ускорения достижения поставленных задач и упрощения программирования, оно становится неотъемлемой частью системы совершенствования и оптимизации поддержки принятия решений.

Данный способ программирования прост для понимания людей, которые ни разу не писали программу (скрипт) на стандартных языках программирования, таких как Python, Java, C, C#. Визуальное программирование становится неотъемлемой частью написания программ и приложений, с его помощью задачи по созданию скриптов могут выполняться быстрее, а также без огромного количества синтаксических ошибок при написании кода.

При помощи визуального программирования в информационной поддержке принятия решений упрощаются некоторые процессы, а именно:

1. Визуальное программирование позволяет добавлять интерактивные элементы, такие как кнопки, фильтры, выпадающие списки и другие элементы управления.

Пользователи могут взаимодействовать с интерактивными элементами (графики, таблицы, диаграммы) для выбора конкретных данных или

параметров. Данная функция визуального программирования делает использование ИФП более удобным и эффективным.

2. С помощью визуального программирования можно создавать вычисляемые поля, проводить суммирование, усреднение и подсчет количества данных, а также создавать новые метрики и показатели для анализа данных.

3. Визуальное программирование позволяет настраивать условия видимости элементов. Например, можно скрыть или показать определенные графики, таблицы или другие элементы в зависимости от выбора пользователя или других параметров, что помогает сделать более информативным и удобным для использования.

Визуальный способ программирования прост в работе, а также при его использовании увеличивается скорость выполнения задач и минимизируется количество ошибок, основываясь на этом можно сделать вывод, что визуальное программирование является отличным инструментом для оптимизации и автоматизации системы поддержки принятия решений.

Библиографический список

1. Коварцев А.Н., Жидченко В.В., Попова-Коварцева Д.А. *Методы и технологии визуального программирования* – 2019. С. 10-14. [Электронный ресурс] URL: <http://repo.ssau.ru/bitstream/Uchebnye-posobiya/Metody-i-tehnologii-vizualnogo-programmirovaniya-66439/3/pdf> (дата обращения: 21.02.2024).

2. *Платформа SkySmart*. Визуально-блочное программирование [Электронный ресурс] URL: <https://skysmart.ru/articles/programming/vizualnoe-programmirovanie> (дата обращения: 21.02.2024).

3. Сизова О.В. Системы поддержки принятия решений. Учебное пособие - 2017 С. 6-8. [Электронный ресурс] URL: https://mkl.isuct.ru/e-lib/sites/default/files/econom_15112017.pdf (дата обращения: 23.02.2024).

4. Александр Богачев. *Графики, которые убеждают всех*. Пособие для менеджеров, предпринимателей, маркетологов и всех, кто делает презентации. – М.: АСТ, 2020. [Электронный ресурс] URL: <https://baguzin.ru/wp/wp-content/uploads/2022/08/Aleksandr-Bogachev.-Grafiki-kotorye-ubezhdayut-vseh.pdf> (дата обращения: 23.02.2024).

5. Лосев К.Ю. *Объектно-ориентированное инфографическое моделирование: учебно-методическое пособие* / [рец.: Л. М. Боева, А. И. Конилов]; МГСУ, каф. информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве. - Москва: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2022. [Электронный ресурс] URL: <http://lib-04.gic.mgsu.ru/lib/2022/20.pdf> (дата обращения: 21.02.2024).

6. Джин Желязны. *Говори на языке диаграмм*. Пособие по визуальным коммуникациям для руководителей – 2004 С. 166-176. [Электронный ресурс] URL: https://help.72to.ru/attachments/download/58/Джин_Желязны_говори_на_языке_диаграмм.pdf (дата обращения: 24.02.2024).

Турбанов Павел Дмитриевич,
студент магистратуры 2 курса 6 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
проф., д-р техн. наук, проф. С.И. Евтушенко

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАКАЗЧИКА И СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

Автоматизация строительной отрасли предполагает внедрение автоматизированных и роботизированных процессов на всех этапах реализации строительного проекта. Актуальной задачей в контексте повышения качества строительства, а также контроля стоимости и сроков выполнения строительных работ – является автоматизации функций технического заказчика и строительного контроля.

В сложившихся реалиях строительного рынка, где проектные задачи отличаются высокой степенью сложности и сопряжены с высокой степенью ответственности, заказчики, сталкивающиеся с ограничениями в опыте или ресурсах, часто прибегают к услугам специализированных организаций. Для небольших проектов компетентный специалист, сотрудник организации-заказчика может самостоятельно эффективно справиться с функциями технического заказчика. Однако реализация крупномасштабных проектов требуется привлечения юридического лица, обладающего соответствующей квалификацией и ресурсами.

Согласно Градостроительному кодексу Российской Федерации, технический заказчик выполняют следующие основные функции [1]:

- от имени застройщика заключает договоры на выполнение инженерных изысканий, подготовку проектной документации и строительство (реконструкцию, капитальный ремонт) объектов капитального строительства;
- готовит задания на выполнение указанных видов работ;
- предоставляет лицам, выполняющим инженерные изыскания и (или) осуществляющим подготовку проектной документации, строительство (реконструкцию, капитальный ремонт) объектов капитального строительства, материалы и документы, необходимые для выполнения указанных видов работ;
- утверждает проектную документацию;
- подписывает документы, необходимые для получения разрешения на ввод объекта капитального строительства в эксплуатацию.

Также важной задачей технического заказчика является контроль и надзор за ходом и качеством выполняемых подрядчиком работ.

Основными функциями строительного контроля являются [1]:

- проверка соответствия выполняемых работ проектной документации;

- проверка соответствия выполняемых работ требованиям технических регламентов, результатам инженерных изысканий, а также требованиям к строительству, реконструкции объекта капитального строительства;

- соответствие разрешенному использованию земельного участка и возможным ограничениям.

Кроме вышеуказанного, функции технического заказчика и строительного контроля могут быть расширены заказчиком, что, соответственно, отражается в договоре оказания услуг.

Как правило, расширенные функции технического заказчика и строительного контроля предусматриваются в рамках крупных инвестиционных проектов.

Применение технологии информационного моделирования при выполнении функций технического заказчика становится неотъемлемой частью современного строительного процесса [2].

Создание информационной модели объекта строительства предполагает систематизацию данных о каждом элементе модели [3,4,5].

Таким образом, технический заказчик получает удобный и доступный инструмент для контроля выполнения проектных и строительных работ.

Использование технологии информационного моделирования способствует повышению качества проектной документации, в том числе увеличению точности проектных решений и соблюдению строительных норм и стандартов.

Информационная модель объекта строительства существенно упрощает взаимодействие всех участников строительного процесса - от архитекторов и инженеров до подрядчиков и строительного контроля.

Визуализация информационной модели объекта с применением технологий дополненной и виртуальной реальности позволяет получить более полное представление о том, как планируемый объект будет интегрирован в существующую застройку на выбранном участке строительства [6].

При решении задач управления ресурсами строительного проекта технический заказчик с помощью информационной модели объекта строительства получает возможность более точно анализировать потребность в необходимых материалах, определять сроки выполнения работ и прогнозировать затраты по объекту, что обеспечивает снижение рисков и, как следствие, повышение качества строительства [7-9].

Автоматизация процессов документооборота при реализации строительного проекта объединяет возможности технологии информационного моделирования зданий и систем электронного документооборота.

Использование информационной модели объекта строительства позволяет оперативно интегрировать изменения, замечания и дополнения,

что значительно облегчает процесс принятия решений на всех этапах реализации строительного проекта.

Технология информационного моделирования объектов капитального строительства является основой для выявления, анализа и минимизации проектных и строительных рисков.

Благодаря использованию информационной модели объекта строительства технический заказчик может своевременно выявлять потенциальные проблемы, анализировать возможные риски и формировать способы управления рисками.

Автоматизация функций технического заказчика и строительного контроля позволяет контролировать проектные и строительные риски сразу на нескольких уровнях:

- планирование и организация строительных работ;
- определение стоимостных и временных показателей проекта;
- координация процессов взаимодействия и выстраивание коммуникационных интерфейсов между участниками строительного проекта;
- согласование проектных решений;
- организация документооборота;
- контроль и учет изменений при реализации проекта;
- контроль выполнения проектных и строительных работ;
- контроль себестоимости строительства и бюджета проекта;
- оптимизация процессов проектирования и строительства при реализации проекта;
- управление закупками и финансовый контроль;
- оценка воздействия на окружающую среду.

Использование возможностей автоматизации и роботизации процессов при реализации строительного проекта дает техническому заказчику инструменты для комплексного управления рисками и уверенность в принимаемых решениях на всех этапах строительного проекта, что способствует повышению качественных и количественных показателей эффективности строительного проекта.

Основными направлениями автоматизации функций технического заказчика и строительного контроля являются:

- автоматизация хранения исходных данных и иной проектной документации;
- автоматизация проверки качества проектных решений и оформления проектной документации;
- автоматизация создания тендерной документации;
- автоматизация планирования и организации производства строительных работ;
- автоматизация документооборота при реализации строительного проекта [10];

- автоматизация процессов контроля качества строительных работ;
- автоматизация и роботизация проверки объемов выполненных работ [11];

- автоматизация контроля стоимости и сроков выполнения работ.

В свою очередь, результатами автоматизации функций технического заказчика и строительного контроля являются:

- оптимизация процессов и сокращение трудозатрат при реализации проекта;
- повышение качества проектной документации и строительных работ;
- минимизация проектных и строительных рисков;
- минимизация возможности выявления дополнительных объемов работ;
- сокращение стоимости строительства и сроков выполнения работ за счет повышения эффективности строительного контроля.

Схема соответствия основных направлений и результатов автоматизации функций технического заказчика и строительного контроля показана на рисунке 1.



Рисунок 1 - Схема соответствия основных направлений и результатов автоматизации функций технического заказчика и строительного контроля

Внедрение технологий информационного моделирования в крупных строительных компаниях сопровождается рядом проблем, как технических, так и организационных.

Среди наиболее значимых – это высокие затраты на внедрение технологий информационного моделирования, сопротивление изменениями и необходимость обучения персонала, необходимость комплексной интеграции со всеми бизнес-процессами компании, потребность в корпоративной стандартизации работы в среде информационного моделирования, различные организационные сложности.

Важным стоп-фактором на пути внедрения информационного моделирования в компетенции технического заказчика и строительного контроля является способ расчёта стоимости услуг технического заказчика и строительного контроля в рамках сметной стоимости при реализации проектов, создаваемых за счет бюджетных средств.

Несмотря на очевидные эффекты от внедрения информационного моделирования государственные расценки на услуги технического заказчика и строительного контроля в настоящее время не предусматривают расширенный функционал в части информационного моделирования.

Решение этих и других проблем требует комплексного подхода, включая стратегическое планирование на уровне менеджмента компаний, а также расширения нормативно-правовой базы.

Но, несмотря на ряд сдерживающих факторов, на сегодняшний день рынок информационного моделирования и автоматизации функций технического заказчика и строительного контроля выглядит крайне перспективным, учитывая уже реализуемые пилотные проекты и повышенное внимание крупных игроков рынка к использованию технологии информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла строительного проекта.

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. *Евтушенко С.И., Турбанов П.Д.* Инструменты контроля реализации инвестиционных инфраструктурных проектов с применением информационного моделирования // *Строительство и архитектура*. 2023. №. 3. С. 16-16. DOI: <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2023-11-3-16-16>
3. *Shilov L., Shilova L.*, Methodology of Coding Building Information Model Elements at the Stages of the Life Cycle. *Lecture Notes in Civil Eng.* 231,239-247 (2022) DOI:10.1007/978-3-030-96206-7_25.
4. *Shilov L., Shilova L.*, To the question of the building information modeling technologies transition to a new development level. *E3S Web of Conferences* 281, 04006 (2021). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128104006>
5. *Ginzburg A., Shilov L., Shilova L.* The methodology of storing the information model of building structures at various stages of the life cycle//В сборнике: *Journal of*

Physics: Conference Series. International Scientific Conference on Modelling and Methods of Structural Analysis 2019, MMSA 2019. 2020. С. 012156.

6. *Baratov, Dilshod & Aripov, N. & Jumanov, X. Mukhiddinov*, Obidjon. (2023). Automated technology of control of technical documentation of automation and telemechanics. AIP Conference Proceedings. 2612. 060023. 10.1063/5.0135326. DOI:10.1063/5.0135326

7. *Шилова Л.А.* Информационная поддержка управления объектами жизнеобеспечения с учетом критериев инженерной и функциональной устойчивости на случай чрезвычайной ситуации//Информационные ресурсы России. 2014. № 6 (142). С. 24-27.

8. *Серова Е.А., Шилова Л.А.* Систематизация внешних и внутренних факторов при анализе технических рисков проектов транспортной инфраструктуры//В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы - 2019. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 474-477.

9. *Серова Е.А., Шилова Л.А.* Риски применения BIM-технологий при проектировании объектов транспортной инфраструктуры//Научно-технический вестник Поволжья. 2019. № 2. С. 83-85.

10. *Mostafa, R. Wah Walther, T. W. Maver and T. Kvan*, Possibilities and Constraints of using Virtual Reality in Urban Design (2002).

11. *Шутова М.Н., Вареница А.П., Евтушенко С.И., Подскребалин А.С.* Применение метода 3D сканирования при выполнении обмерных работ объектов производственного и непромышленного назначения / Строительство и архитектура. - 2022. Т. 10, Вып. 2 (35). С. 76-80.

Храмова Арина Сергеевна,
студентка магистратуры 2 курса 5 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
*доц., канд. техн. наук **Е.В. Макиша***

ИНТЕГРАЦИЯ РАСЧЕТОВ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ В СРЕДУ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.

На современном этапе развития строительной отрасли практически невозможно представить процесс проектирования зданий без использования цифровых технологий.

Одной из таких технологий является технология информационного моделирования (ТИМ). В рамках ТИМ создается 3D-модель здания, которая используется как на этапе проектирования, так на остальных этапах жизненного цикла строительного объекта [1].

Этап проектирования состоит из выдачи проектной документации разделов, которые регламентируются Постановлением, N 87 от 16.02.2008. Одним из которых является раздел 5, отведенный на подробное описание инженерного оборудования, инженерно-технических решений и мероприятий. Сокращенное название – ИОС, что расшифровывается как «инженерное оборудование и сети».

Подраздел «Отопление, вентиляция и кондиционирование» - один из наиболее объемных подразделов в разделе проекта ИОС, рассматриваемом в п. 19 Постановления N 87.

При проектировании систем водяного отопления выполняются гидравлический и тепловой расчеты этой системы.

Целью гидравлического расчета системы отопления являются:

- определение экономичных диаметров участков труб, исходя из обеспечения бесшумности работы системы с учетом заданных расходов теплоносителя;
- определение гидравлических параметров регулирующих и балансовых клапанов и номеров их настроек.

Цель теплового расчета состоит в выборе типа или размера (или количества секций) отопительных приборов при заданных исходных условиях для запроектированной системы отопления [2].

После выполнения гидравлического и теплового расчета составляется спецификация на систему отопления, включающая все элементы системы отопления: трубопроводы, запорную, спускную и регуливающую арматуру, краны для спуска воздуха, смесительный насос.

Нормами, регламентирующими характеристики наружных ограждений зданий и сооружений, а также принципы их расчета, выступают такие документы, как СП 50.3330.2012 «Тепловая защита зданий», действующий на территории Российской Федерации, ГОСТ Р 55656-2013, ИСО 13790:2008 «Энергетические характеристики зданий. Расчет использования энергии для

отопления помещений», являющийся модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 13790:2008, СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» [3].

Расчет системы отопления производится в специализированных программа, одна из таких – Audytor. Программа Audytor СО предназначена для проектирования новых систем отопления, регулирования существующих систем, а также для проектирования системы трубопроводов в системе холодоснабжения [4].

В программе учтены требования для расчета климатических данных в соответствии с новой редакцией СП 131.13330.2018 «Строительная климатология».

В данной программе производится полный расчет системы отопления с подбором необходимого оборудования. Инженерами проводится большая работа в данном ПО, но так как кроме проектной документации, существует требование к сдаче цифровой информационной модели, расчетную информацию из программы необходимо переносить в среду информационного моделирования.

Инженерами ОВ производится двойная работа, поэтому цель данной работы – осуществить возможность интеграции расчета системы отопления из расчетной программы в среду информационного моделирования.

Для интеграции расчетов системы отопления в среду информационного моделирования, необходимо произвести обязательную настройку программы для разработки ИМ [5]:

1. Во все приборы отопления добавить расчетные параметры с необходимыми формулами.

1.1. Расход теплоносителя – считается по формуле 1.1.

$$m = \frac{Q}{C_p * \Delta t} (1.1)$$

где:

- m – расход теплоносителя, кг/с
- Q – суммарная мощность системы отопления, кВт
- C_p – удельная теплоемкость теплоносителя, кДж (при подсчете для воды берем средний показатель 4,19 кДж)

- Δt – разница температур на входе и выходе котла

2. Всю трубопроводную арматуру настроить на передачу расхода

3. В распределительные узлы (коллектора) добавить параметры для фиксации настроек регулирующих и балансирующих клапанов

3.1. Настройка клапана - числовой параметр задается на каждый отвод коллектора

3.2. Номер коллектора – числовой параметр, заполняется номером коллектора, для установления порядка по этажу.

3.3. Номер клапана коллектора – числовой параметр, заполняется автоматически в зависимости от значения параметра «Номер коллектора» с добавлением префикса 1.12 в зависимости от порядка клапана от стояка.

Алгоритм работы:

1. Выполняется гидравлический расчет в программе Audytor, с подбором приборов отопления.

2. Данные из Audytor экспортируются в Excel. Таблица включает в себя следующие параметры.

Для приборов отопления:

1. Позиция на этаже
2. Тепловая нагрузка
3. Марка прибора производителя
4. Габариты приборов отопления (Длина x Ширина x Высота)

Для трубопроводной арматуры и распределительных узлов:

1. Позиция коллектора на этаже
2. Настройка клапана коллектора
3. В информационной модели проектируются типовой этаж.

Параметры приборов отопления и распределительных узлов экспортируются в Excel.

4. Данные из таблицы расчетной программы копируются в таблицу полученной из ИМ.

5. Итоговая таблица импортируется в программу информационного моделирования.

6. В информационной модели автоматически заполнены все необходимые параметры.

Итог работы алгоритма:

1. Приборы отопления в ИМ принимают корректный габарит, в соответствии с подбором.

2. В приборах отопления корректно заполнена тепловая нагрузка, следовательно, по заложенной формуле рассчитывается расход теплоносителя, который далее передается на все элементы системы в ЦИМ.

3. У коллекторов корректно заполнена позиция по этажу, следовательно, вся арматура коллектора имеет правильный порядок и настройку. Благодаря этому, для каждого коллектора можно собрать спецификацию.

В результате выполнения алгоритма, инженеры систем отопления сокращают трудозатраты на моделирование ИМ с помощью интеграции готового расчета из специализированной программы.

Также в информационной модели идет запись гидравлических параметров регулирующих и балансовых клапанов и номеров их настроек, что позволит фиксировать их изменения в процессе моделирования и на следующих этапах ИМ.

1. *Федоров, С.С.* Процесс информационного моделирования на этапе проектирования объекта капитального строительства / Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 5(119). – С. 13-17. – EDN FVBIPU. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46507151> (дата обращения: 20.02.2024).
2. *Коврина. О.Е.* Отопление гражданского здания / Методические указания к курсовому и дипломному проектированию Волгоград. ВолгГАСУ. 2014. С. 4-33. URL: https://vgasu.ru/attachments/oi_kovrina-01.pdf (дата обращения: 20.02.2024).
3. *Шашин А.В., Шенс Р.А., Агафонов М.В., Беспалов Н.А.* Определение теплопотерь зданий при помощи современного программного обеспечения / Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2018. № 4(7). С. 9-15. EDN YMKEIJ. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36351937> (дата обращения: 20.02.2024).
4. *Батухтин, В.* Применение программ Audytor в реалиях российского проектировщика и BIM-проектирования / Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2022. № 1(241). С. 28-29. EDN UVKROB. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49457786> (дата обращения: 20.02.2024).
5. *Пестрикова, А.* Визуальное проектирование систем теплоснабжения / А. Пестрикова, Л. Шилова // Энергетическая политика. 2022. № 6(172). С. 78-87. DOI 10.46920/2409-5516_2022_6172_78. – EDN FYXLOD. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48820663> (дата обращения: 20.02.2024).

Шаталина Валентина Александровна,
студентка 4 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук **Е.В. Макиша**

АВТОМАТИЗАЦИЯ НОРМАТИВНЫХ ПРОВЕРОК НА ОСНОВЕ МОСКОВСКОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАТОРОВ

Экспертиза является одним из самых важных этапов жизненного цикла объекта капитального строительства.

С 2022 года все объекты с государственным участием должны использовать ТИМ [1], а значит в ближайшем будущем и остальное строительство перейдет к обязательному использованию данной технологии [2]. Тем не менее, применение ТИМ на этапе экспертизы до сих пор затруднительно [3].

Помимо отсутствия нормативного обоснования ее — это обусловлено отсутствием общепринятой методологии и инструментов для реализации проверок соответствия нормативным требованиям на основе цифровой информационной модели (ЦИМ).

Для организации автоматизированных проверок ЦИМ необходимо: с одной стороны – ЦИМ, включающая атрибуты, подлежащие проверке; с другой – нормативно-технический документ, представленный в машиночитаемом формате.

Кроме того, требуется применение классификатора для унификации названий элементов и характеристик, используемых при проверке. ЦИМ и машиночитаемый документ сопоставляются в соответствующем ПО, которое обладает возможностями по их обработке [4].

Комитетом города Москвы по ценовой политике в строительстве и государственной экспертизе проектов утверждена Московская строительная система классификаторов (МССК) [5].

Каждый классификатор относится к конкретному аспекту информации по объекту капитального строительства.

Структура системы классификаторов представлена на рисунке 1.

Для классификации в МССК применяются фасетный метод, а для кодирования последовательный метод.

Обычно код состоит из шести двузначных полей, разделенных пробелами, хотя в некоторых случаях может использоваться меньшее количество полей.



Рисунок 1 – Структура МССК

Каждое поле содержит два буквенно-цифровых знака. Структура кода отличается для каждого классификатора, в общем случае представлена в следующем виде (рисунок 2).

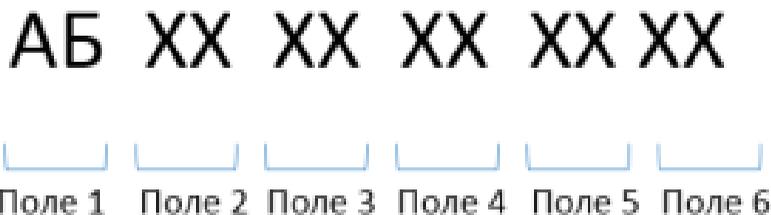


Рисунок 2 – Структура кода в общем виде

Поле 1 состоит из двухбуквенных знаков, обозначающих наименование таблицы классификатора.

Содержимое Поля 1 однозначно определено для каждого классификатора и приведено в Таблице 1.

Формирование полей 2-6 различно для каждого классификатора.

При кодировании строительной информации одной из первоочередных задач является классификация элементов информационной модели (ИМ).

Процесс классификации предполагает отнесение объекта к определенной категории на основе выбранных признаков.

Таблица 1- Коды обозначения классификаторов

1	Наименование классификатора/таблицы	Обозначение Поля 1
1	Топографическая ситуация	ТС
2	Планировочная организация земельного участка	ПО
3	Виды и назначение ОКС	ВН
4	Назначение и виды деятельности	НД
5	Помещения и зоны	ПЗ
6	Системы	СС
7	Элементы	ЭЛ
8	Строительные изделия и материалы	СМ
9	Строительная техника и оборудование	ТО
10	Виды работ (в разработке)	ВР
11	Параметры	ПР
12	Управление информацией	УИ
13	Управление проектом	УП

После классификации объекту ИМ присваивается соответствующий код, который заносится в соответствующие атрибуты объекта.

На рисунке 3 представлена схема процесса классификации элементов ИМ/ЦИМ с применением МССК.

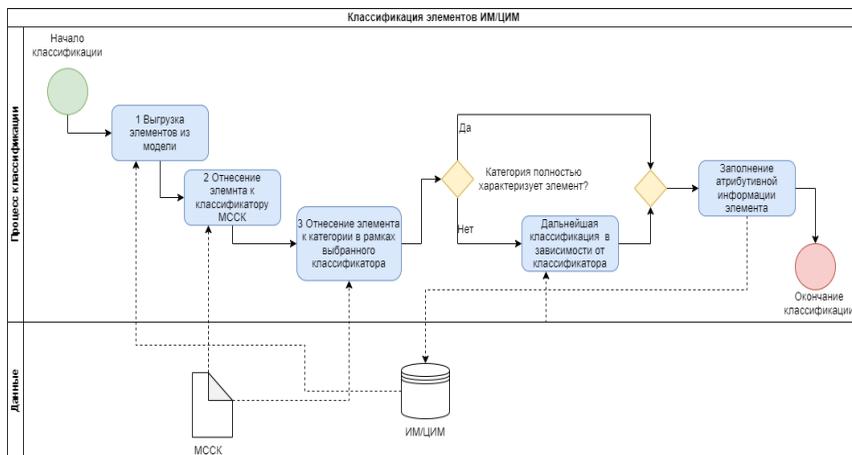


Рисунок 3 – Схема процесса классификации

Первым этапом классификации (процесс 1 на рисунке 3) является выгрузка всех элементов. Далее (процесс 2) мы относим каждый из элементов к определенному классификатору.

Они перечислены в таблице 1.

Следующий шаг (процесс 3) заключается в отнесении элемента к определённой категории, в зависимости от классификатора. Теперь мы посмотрим достаточно ли описывает данный код наш элемент.

Если же нет мы продолжаем рассматривать наш объект в зависимости от классификатора.

По окончанию нашей автоматизации заполняется атрибутивная информация для каждого элемента ИМ/ЦИМ.

Второй этап работы состоит в автоматизации нормативных проверок. Источниками требования стали СП 1.13130 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.» [6] и СП 54.13330.2022 «Здания жилые многоквартирные» [7].

Данные требования были структурированы в виде таблицы и проанализированы на возможность проверки с помощью ЦИМ каждого из требований. По итогам данной работы были отобраны требования, которые подлежат автоматизации [8].

Библиографический список

1. Официальный сайт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации // URL: <https://minstroyrf.gov.ru/> (дата обращения: 20.02.2024).
2. СП 328.1325800.2020 "Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели" // Минстрой РФ
3. *Золотая, К. А.* Проблемы внедрения технологий информационного моделирования в России / Огарёв-Online. 2023.
4. *Мохнаткин, Р.В.* Анализ применения табличных программных комплексов для решения задач автоматизации контроля строительства / Шаг в науку. 2022.
5. Классификаторы для информационного моделирования. Описание системы URL: https://www.mos.ru/upload/documents/files/1115/00_Opisanie_MSSK_40.pdf (дата обращения: 20.02.2024).
6. СП 1.13130 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» от 19.09.2020 // МЧС РФ. – 2020.
7. СП 54.13330.2022 «Здания жилые многоквартирные» от 13.05.2022 / Минстрой РФ. – 2022.
8. *Лемешко Д.Ф.* Методы оптимизации и совершенствования строительного контроля. // Международный научный журнал «Символы науки». 2023. С. 12.

Шебордаев Иван Дмитриевич, студент 4 курса 2 группы ИЦТМС
 Научный руководитель –
 доц., канд. техн. наук, доц. **Е.В. Игнатова**

АВТОМАТИЗАЦИЯ СОЗДАНИЯ ПЕРЕМЫЧЕК В ПРОЕМАХ КОНСТРУКЦИЙ

При проектировании конструктивных элементов зданий и сооружений в проемы ЖБ и Кладочных стен необходимо добавить перемычки.

Перемычка – конструктивный элемент, балка, перекрывающий оконный или дверной проемы в стене и воспринимающий нагрузку от вышерасположенной конструкции [3].

Проблема в том, что параметры перемычек зависят от параметров основы (толщины, высоты, назначения, состава и классификации), а не от проемов. Из-за этого, перемычки нельзя включить в состав семейства проемов. Их устанавливают вручную отдельно для каждого проема [4].

Цели данного исследования:

1. Проанализировать нормативные требования к проектированию перемычек в проемах строительных конструкций.

2. Разработка алгоритма создания перемычек в проемах конструкций.

Необходима разработка скрипта, который будет находить проемы в уже готовых конструктивных решениях и раскладывать по ним перемычки по заданным параметрам.

Перемычки, предназначенные для эксплуатации в условиях воздействия агрессивной среды, а также в зданиях с расчетной сейсмичностью 7 баллов и более, должны удовлетворять дополнительным требованиям, установленным проектной документацией здания в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, указанным в заказе на изготовление перемычек [1].

Перемычки подразделяют на следующие типы [2]:

- ПБ (см. Рис.1);
- ПП (см. Рис.2);
- ПГ (см. Рис.3);
- ПФ (см. Рис.4).

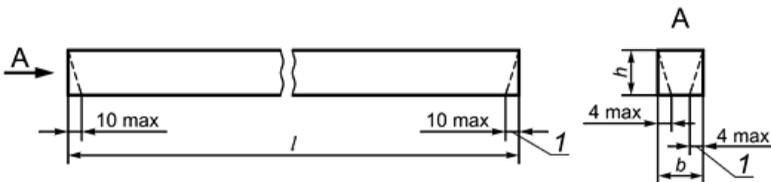


Рисунок 1 Чертеж перемычки типа ПБ

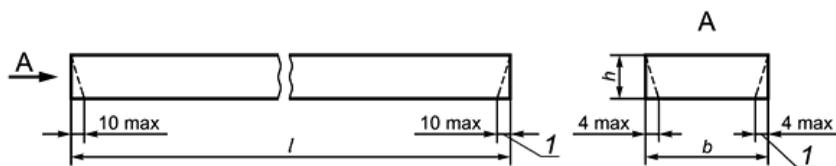


Рисунок 2 Чертеж перемычки типа ПП

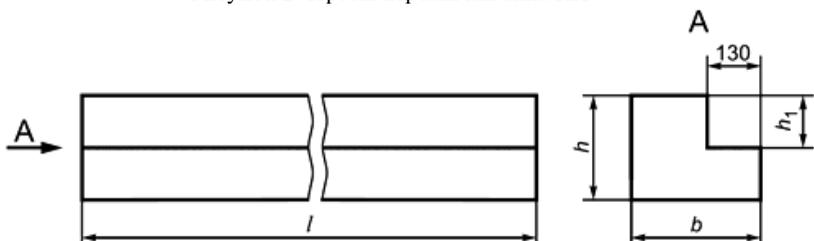


Рисунок 3 Чертеж перемычки типа ПГ

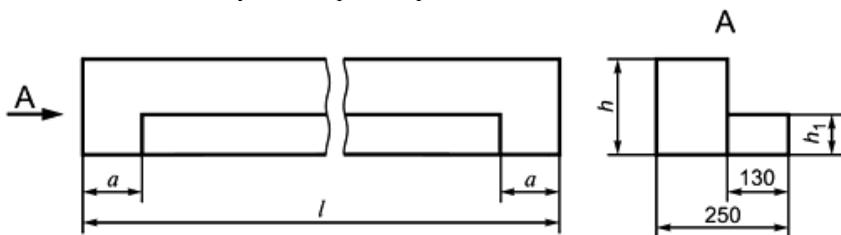


Рисунок 4 - Чертеж перемычки типа ПФ

Примеры успешной интеграции автоматизированных систем в строительные процессы демонстрируют возможность значительного улучшения эффективности и снижения затрат [5].

Компании, принявшие эти технологии, отмечают ускорение процессов создания перемычек, сокращение числа ошибок и повышение общей производительности труда.

Ключевым элементом автоматизации является программное обеспечение для проектирования и моделирования, которое позволяет точно рассчитывать параметры перемычек, а также оборудование для их автоматического изготовления. Современные технологии, такие как 3D-печать и роботизированное производство, открывают новые возможности для строительной индустрии [7].

Внедрение автоматизации в процесс создания перемычек требует начальных инвестиций в приобретение соответствующего оборудования и программного обеспечения.

Однако, сравнительный анализ показывает, что сокращение времени на производство и минимизация ошибок приводят к снижению общих затрат на строительство. Анализ окупаемости показывает, что экономия на

операционных расходах может компенсировать начальные затраты, делая инвестиции в автоматизацию выгодными в долгосрочной перспективе.

В качестве средства автоматизации выбран программный комплекс Autodesk Revit.

Визуальное программирование в Дупато позволяет проектировщикам создавать сложные алгоритмы для автоматического расчета и размещения перемычек, адаптируя их под конкретные проектные требования [8].

На рисунке 5 представлена условная схема процессов работы программного комплекса.

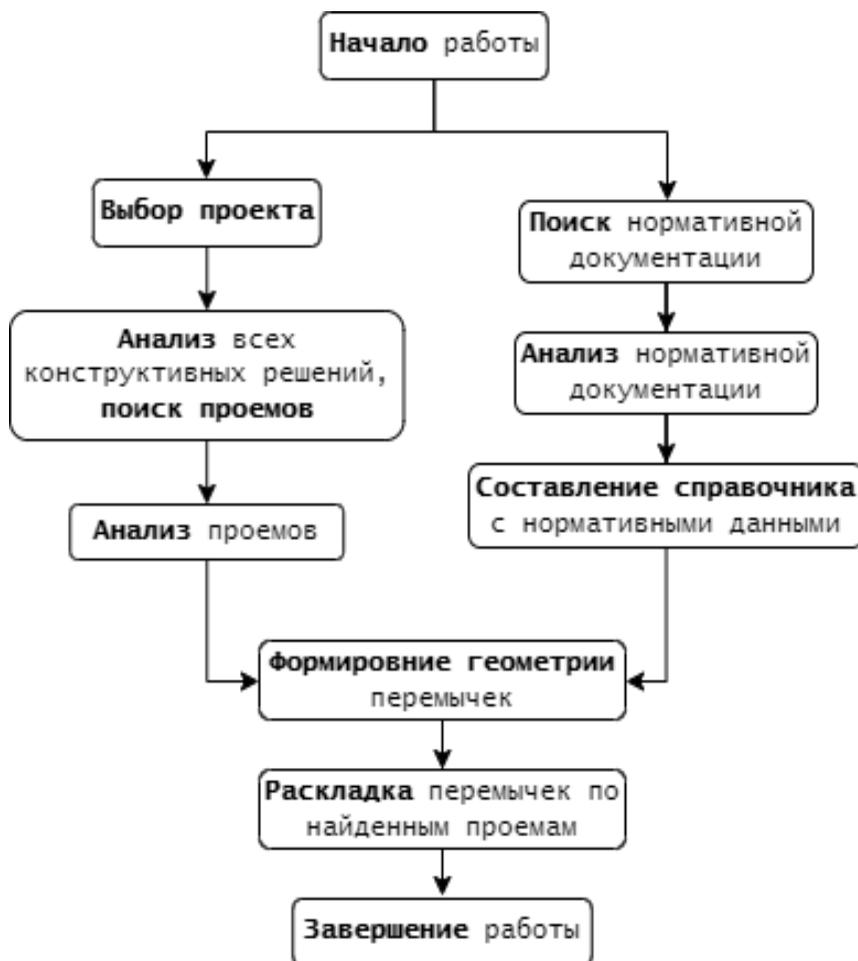


Рисунок 5 - Алгоритм работы программного комплекса

Автоматизация создания перемычек в проемах конструкций представляет собой перспективное направление, которое может принести значительные преимущества для строительной отрасли. Повышение эффективности, сокращение времени и затрат на производство, а также повышение качества конечного продукта делают автоматизацию выгодным инвестиционным проектом.

Рекомендуется строительным компаниям рассмотреть возможность внедрения современных технологий в свои процессы для достижения лучших результатов [6].

Библиографический список

1. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции URL: <https://fkr-spb.ru/upload/iblock/62a/tax3ck4xp6p098cotcuwc7xaant6un86.pdf> (дата обращения 20.02.2024).
2. ГОСТ 948-2016 Перемычки железобетонные для зданий с кирпичными стенами. URL: <https://ekoyar.ru/upload/docs/gost-948-216.pdf> (дата обращения 20.02.2024).
3. *Файзулхакова, А.Р.* Опыт проектирования устройства дверного проема в стенке железобетонной стропильной балки / Молодой ученый. — 2022. — № 44 (439). — С. 52-58. — URL: <https://moluch.ru/archive/439/96109/> (дата обращения 20.02.2024).
4. *Малахова А.Н.* Выполнение перемычек проемов в стенах из кирпича и ячеистых блоков / Вестник МГСУ, 2011, 1 (дата обращения 20.02.2024).
5. *Рудняев, Р. Г.* Особенности проектирования монолитных железобетонных перемычек по Еврокоду СН РК EN 1998-1:2004/2021 / Молодой ученый. — 2022. — № 24 (419). — С. 137-141. — URL: <https://moluch.ru/archive/419/93066/> (дата обращения 20.02.2024).
6. *Смакаев Р.М. Низина Т.А.* Применение среды визуального программирования Дупано при разработке проекта здания в Autodesk Revit / Основы экономики, управления и права/ 2020 № 2 (21) (дата обращения 20.02.2024).
7. *Перцева А.Е., Хижняк Н.С., Радаев А.Е.* Алгоритм проектирования конструкций сложной конфигурации с использованием средств автоматизации (на примере Autodesk Revit, Autodesk AutoCAD и Dynamo) // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №4 (дата обращения 20.02.2024).
8. Дупано: Продвинутый уровень. [Электронный ресурс] URL: <https://bim.vc/edu/courses/dynamo-prodvinityy-uroven/> (дата обращения 20.02.2024).
9. BIM Planet No1. Знакомство с Dynamo [Электронный ресурс] URL: https://stepik.org/course/50129/promo?utm_source=yandex_stpk&utm_medium=cpc&utm_campaign=poisk_yad_dsa_feed_stepik_rus&utm_term=&utm_content (дата обращения 20.02.2024).
10. *Род Стивенс* Алгоритмы. Теория и практическое применение Эксмо 2016.

Щуров Никита Андреевич, студент 4 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук **Н.В. Князева**

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОНЦЕПЦИИ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ГОРОДСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Городское планирование является одним из основополагающих направлений строительной отрасли в любой стране и важнейших фактором, который влияет на экономические и демографические показатели. Казалось бы, столько лет прошло, и все проблемы городского планирования должны были быть решены, но их количество все также остается неизменным. В своей статье я бы хотел поднять вопрос формирования городской застройки, а именно как автоматизировать создание ее концепции и спрогнозировать развитие районов, тем самым уменьшив время на генерацию всевозможных решений и их анализ. Таким образом алгоритм сократит одни из постоянно не хватающих ресурсов градостроителей – время и кадровый потенциал.

Городское планирование всегда имело важные аспекты формирования объемно-планировочных структур, которые выражены в таком понятии, как «каркас» [7]. В данном случае нас будет интересовать только градостроительный каркас [1], который имеет 4 основополагающих понятия:

- ядро – единственный в своем роде элемент, обеспечивающий обслуживание столичного уровня, где сконцентрирован самый широкий набор уникальных объектов;
- общегородские узловые центры – многофункциональные объекты, запланированные на внешней границе срединной зоны, с наибольшими показателями связности с населением;
- локальные городские центры – должны формироваться на пересечениях магистралей и на базе мест сложившейся активности и обеспечивать массовое обслуживание жителей жилых районов;
- местные центры – представляют собой объекты шаговой доступности в жилой среде.

Исходя из этих терминов, мы понимаем, что вся застройка развивается от каких-то важных для населения объектов. В современных реалиях Москвы чаще всего такими объектами служат станции метро, а в некоторых случаях – месторасположение крупных офисных или производственных пространств с большим потоком работающего населения города.

Таким образом, понимая подоснову развития городской застройки, мы можем подобрать наиболее подходящий инструмент решения данной задачи и это – симуляция на основе генеративного дизайна.

Генеративный дизайн [2] для решения проблем городского планирования является одним из самых перспективных подходов на будущие года, потому

что в его логику можно заложить учет множества факторов и сгенерировать огромное количество решений в кратчайшие сроки.

В данный момент одним из самых удобных решений, которое поможет в симуляции, является Grasshopper [3]. Grasshopper – это приложение к Rhino 3D, построенным на основе нодового, визуального программирования, и имеет множество как собственных, так и предоставляемых сторонними разработчиками инструментов.

В данной статье я бы хотел рассказать о решении, базирующемся на Grasshopper с интеграцией отдельно разработанных блоков автоматизации, основанных на C#, которое могло бы помочь анализировать городскую застройку. Данное решение позволит нам не только заложить, но и учесть логику при развитии микрорайонов в N районе. Помимо указанных особенностей мы также сможем учесть уже возведенные дороги или сгенерировать собственные решения для застройки.

Как уже было сказано ранее, данный алгоритм может, как и учитывать входную информацию, заносимую пользователем информацию, так и генерировать ее сам. На рисунке 1 можно видеть, как черные линии отображают сгенерированное решение [4], зелеными линиями показана входная геометрия, а белая точка является отправным пунктом – ядром развития застройки.



Рисунок 1 – Входная и сгенерированная геометрия

Данная геометрия генерируется с учетом как фактора случайности, так и важнейшего критерия - расстояния между объектами. Генератор пытается оптимизировать логику застройки таким образом, чтобы данные расстояния имели наименьшую протяженность между данными сгенерированными секторами [5]. Затем геометрия на основе нормализованных расстояний попадает в ноды с программным кодом на языке C# [6]. В нодах находится код, который дает учитывать различные факторы, влияющие на расселение людей. В моем случае введены такие понятия как «рабочие места» и «популяция». Идея воздействия этих двух факторов звучит следующим образом: для популяции, приезжающих в город людей, важно получить такое месторасположение жилища (рабочее место), чтобы учитывался какой-то из факторов, который мы можем указать в программном коде. Как пример на рисунке 2, где можно наблюдать карту после 1 итерации. Иными словами, после первого приезда, можно увидеть, какие районы будут привлекательны для следующих итераций при учете намерения населения быть ближе друг к другу, но при этом жить недалеко от рабочего места, то есть к нашей точке. Это явление отражено цветами: красным – наиболее привлекательные районы, синим – наименее.

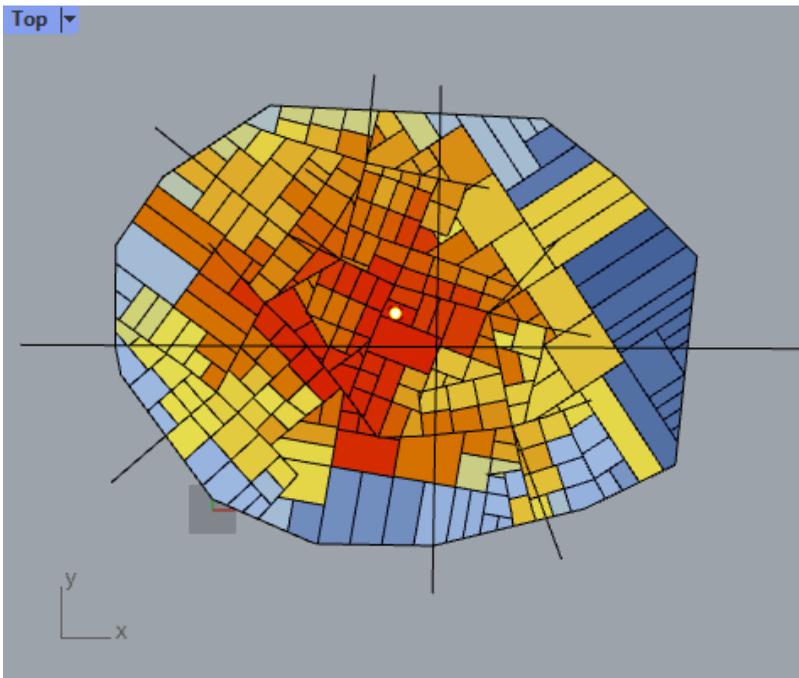


Рисунок 2 – Карта привлекательности для населения после первой итерации

Также важно детально изучить размещение население, для этого также имеется программный код на C#, представленный в виде нода.

Данный код позволяет узнать расселение людей, после n -итераций. Однако стоит учитывать, что после первой итерации расселение людей будет не совсем корректным, потому что должна обозначаться входная точка для первой генерации популяции.

По этой причине на рисунке 3 представлен пример после 100 итераций генератора.

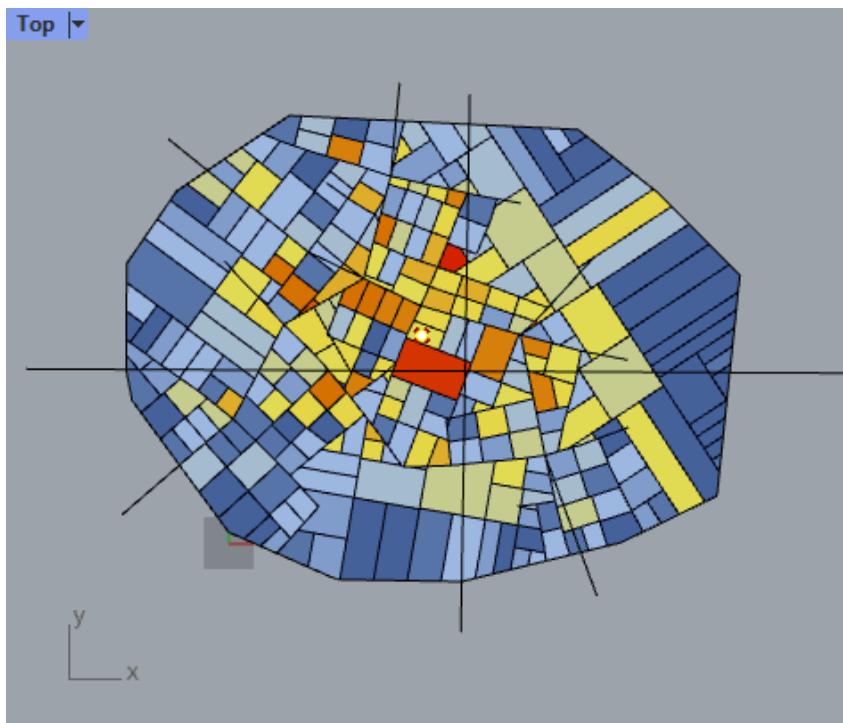


Рисунок 3 – Карта расселения для населения после 100 итераций

Но стоит отметить следующий фактор: данное расселение строится на основе нормализованных показателей между секторами, то есть в некоторых местах расселение может оказаться неожиданным.

Таким образом, на этих простейших примерах я постарался показать, насколько результативным решением может оказаться подход генеративного дизайна, как для анализа, так и для генерации возможных вариантов застройки.

Данный программный код в Grasshopper имеет возможность подстраивания важных факторов для населения, что реализована в нодах для C#, это дает возможность решения различных отраслевых проблем.

Библиографический список

1. Городское планирование: кейсы, фреймы и потоки // Библиотека территориального развития URL: <https://urban.ranepa.ru/periodicheskie-izdaniya/gorodskie-issledovaniya-i-praktiki/gorodskoe-planirovanie-keysy-freymy-i-potoki/> (дата обращения: 20.02.2024).
2. Применение методов генеративного дизайна с использованием мультимодальных данных в сфере архитектуры и градостроительства // CYBERLENINKA URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-metodov-generativnogo-dizayna-s-ispolzovaniem-multimodalnyh-dannyh-v-sfere-arhitektury-i-gradostroitelstva> (дата обращения: 20.02.2024).
3. Grasshopper Optimization Algorithm: Theory, Variants, and Applications / URL: https://www.researchgate.net/publication/350204693_Grasshopper_Optimization_Algorithm_Theory_Variants_and_Applications (дата обращения: 20.02.2024).
4. Exploring and integrating graph-based spatial properties in parametric urban modelling / URL: https://papers.cumincad.org/data/works/att/eCAADe_2012-vol-1-lowres.pdf#page=702 (дата обращения: 20.02.2024).
5. Urban planning analysis: pre-design stage of the concept for the development of https://www.researchgate.net/publication/377183352_Urban_planning_analysis_pre-design_stage_of_the_concept_for_the_development (дата обращения: 20.02.2024).
6. *Марк Прайс* C# 10 и .NET 6. Современная кроссплатформенная разработка. // - 6-е изд. - СПб.: Питер: ООО «Прогресс книга», 2022. – С. 17-227.
7. *Кудрявцев О.К.* Расселение и планировочная структура крупных городов-агломераций. // - М.: Стройиздат, 1985. - С. 94 – 135
8. *Хорев Б.С.* Проблемы городов (урбанизация и единая система расселения в СССР). // - 2-е изд. - М.: Мысль., 1975. - С. 291-324.

Гаряев Андрей Николаевич,
 студент магистратуры 2 курса 3 группы ИЦТМС
 Научный руководитель –
 доц., д-р техн. наук, проф. **М.М. Железнов**

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА АНАЛИТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Введение

В современном строительстве остро стоит вопрос повышения эффективности работы техники. Традиционные методы мониторинга, такие как ведение журналов, путевые листы, счетчики моточасов, не обеспечивают достаточной точности, полноты и оперативности информации и не позволяют в полной мере оценить состояние и работоспособность машин, что приводит к простоям, авариям и снижению производительности.

Предлагаемая в статье комплексная система аналитического мониторинга работы строительной техники на основе технологии искусственного интеллекта позволяет решить эту проблему. Система использует искусственный интеллект, связанный с анализом изображений с видеонаблюдения для сбора данных о работе техники, а также алгоритмы машинного обучения для анализа и прогнозирования их работы.

Предлагаемая система может быть использована в различных сферах строительства, включая дорожное строительство, жилищное строительство, промышленное строительство и т.д.

Алгоритмизация системы

В таблице 1 приведены математические методы комплексной системы аналитического мониторинга работы строительной техники на основе ИИ с привязкой к календарному графику строительства на основе видеонаблюдения и распознавания типа строительной техники.

Таблица 1. Модули системы

Модуль	Функция	Математические методы	Примеры использован ия	Результаты использования
Система видеонаблюдения	Видеопоток в реальном времени	-	-	-
Модуль распознавания	Распознавание: - Типа техники - Номера техники - Действий техники	Сверточные нейронные сети (CNN): - YOLOv8 - Faster R-CNN - Mask R-CNN	- Контроль за соблюдением правил использования техники	- Повышение безопасности - Снижение рисков

			- Предотвращение краж	
Модуль отслеживания	Отслеживание траектории движения: - Расчет пройденного расстояния - Определение скорости движения	Алгоритм Калмана: - Deep SORT - MOT - FairMOT	- Анализ перемещения техники - Оптимизация маршрутов	- Повышение эффективности работы - Снижение простоев
Модуль аналитики	Сбор данных о работе техники: - Время работы - Простой - Производительность - Сравнение с плановыми показателями - Прогнозирование поломок	Статистика (среднее, медиана, дисперсия): - Регрессионный анализ - Машинное обучение (регрессия, нейронные сети)	- Контроль за соблюдением графика - Определение причин отклонений - Планирование ремонта	- Повышение производительности - Снижение затрат - Предотвращение поломок
Модуль интеграции	Интеграция с календарным графиком строительства: - Определение влияния работы техники на ход строительства - Корректировка графика при необходимости	-	- Оптимизация планирования строительства - Снижение рисков задержек	- Повышение эффективности строительства - Снижение времени выполнения работ

Математический аппарат комплексной системы аналитического мониторинга работы строительной техники на основе ИИ включает:

Теорию вероятностей и математическую статистику для обработки данных с датчиков, оценки достоверности информации, прогнозирования поломок и выявления неисправностей.

Методы машинного обучения для обучения алгоритмов ИИ на основе исторических данных, распознавания образов и аномалий.

Алгоритмы оптимизации для оптимизации маршрутов и загрузки техники, планирования ТО.

Геоинформационные системы (ГИС) для визуализации данных на картах.

Методы визуализации данных для представления информации в удобном для пользователя виде.

Использование этих методов и алгоритмов позволяет создать систему, которая может автоматически собирать и анализировать данные о работе техники, прогнозировать поломки, оптимизировать маршруты и загрузку, а также предоставлять пользователям информацию о работе техники в удобном для восприятия виде.

В рамках настоящего исследования предлагается использовать искусственный интеллект (ИИ) в качестве инструмента для учета работы строительной техники. С этой целью был проведен анализ различных методов обучения нейронных сетей для реализации, поставленной задачи таблица 2:

Таблица 2. Методы обучения нейронных сетей

Метод	Описание	Задачи	Примеры использования
Наблюдаемое обучение (Supervised Learning)	- Классификация - Регрессия	- Определение типа техники - Распознавание действий техники - Прогнозирование параметров работы - Определение производительности техники	- Контроль за соблюдением правил использования техники - Предотвращение краж - Планирование ремонта - Анализ эффективности работы
Ненаблюдаемое обучение (Unsupervised Learning)	- Аномальное обнаружение - Кластеризация	- Выявление нетипичного поведения техники - Прогнозирование поломок - Группировка техники по схожим параметрам - Анализ закономерностей использования техники	- Повышение безопасности - Предотвращение поломок - Оптимизация использования техники
Полунаблюдаемое обучение (Semi-Supervised Learning)	- Использование небольшого набора помеченных данных	- Улучшение точности обучения при ограниченном количестве данных - Активное обучение (выбор наиболее информативных примеров для ручной разметки)	- Снижение затрат на сбор данных - Повышение точности модели

По результатам изучения работ различных авторов [5,6,7,8], так же, были выделены преимущества нейронных сетей:

1. Способность учиться и обобщать: нейронные сети могут изучать сложные отношения между входными и выходными данными и обобщать эти отношения.

2. Устойчивость к шуму и отсутствующим данным: нейронные сети могут по-прежнему делать точные прогнозы, даже если входные данные зашумлены или содержат пропущенные значения.

3. Обработка нелинейных отношений: нейронные сети могут моделировать нелинейные отношения между входными и выходными данными, что сложно для традиционных линейных моделей.

4. Способность обрабатывать большие объемы данных: нейронные сети могут эффективно обрабатывать большие наборы данных, что делает их хорошо подходящими для приложений с большими данными.

5. Универсальность: нейронные сети можно использовать для широкого круга задач, включая классификацию, регрессию и кластеризацию, а также для более специализированных задач, таких как распознавание изображений и речи.

6. А также недостатки нейронных сетей:

7. Сложность: Нейронные сети могут быть сложными и трудными для интерпретации, что затрудняет понимание того, как они делают прогнозы.

8. Переобучение: Нейронные сети могут легко подстраиваться под обучающие данные, что приводит к снижению производительности на новых данных.

9. Время обучения: обучение нейронной сети может потребовать значительных вычислительных ресурсов и времени, особенно для больших наборов данных или сложных моделей.

10. Отсутствие прозрачности: нейронные сети можно считать черным ящиком, поскольку может быть трудно понять, как они принимают решения, что может быть проблемой в таких приложениях, как здравоохранение или финансы, где решения оказывают значительное влияние.

11. Уязвимость к враждебным атакам: нейронные сети могут быть уязвимы для враждебных примеров, когда небольшие изменения во входных данных приводят к неверным прогнозам.

12. Требование больших объемов размеченных данных.

13. Нейронным сетям часто требуются большие объемы размеченных данных для эффективного обучения, получение которых может быть сложным и занимать много времени.

В результате анализа было установлено, что, используя систему видеонаблюдения, на основе машинного зрения для строительных площадок возможно реализовать следующую функциональность решаемой задачи, представленную в таблице 3.

Таблица 3. Функции системы

Функциональность	Описание	Преимущества
Распознавание объектов	Люди, техника, материалы	Повышение безопасности, контроль доступа, мониторинг использования СИЗ
Отслеживание перемещений объектов	Тепловые карты, траектории движения	Оптимизация логистики, мониторинг выполнения работ
Аналитика данных	Контроль сроков выполнения задач, планирование поставок материалов	Повышение производительности, точное планирование
Контроль соблюдения правил безопасности	Обнаружение опасных зон, предотвращение несанкционированного доступа	Повышение безопасности
Мониторинг выполнения работ	3D-моделирование зданий, контроль качества материалов	Повышение качества строительства
Автоматизация отчетности	Создание подробных иллюстрированных отчетов, поштучный подсчет материалов	Уменьшение трудозатрат, точное планирование

Таким образом установлено, что внедрение системы аналитического мониторинга работы строительной техники на основе технологии искусственного интеллекта является перспективным направлением развития строительной отрасли.

Система позволит повысить эффективность управления строительной техникой, оптимизировать расходы и повысить безопасность труда.

Библиографический список

1. *Кирнос, В.М.* Организация строительства: учеб.пособие для студ. строит. спец. / *В.М. Кирнос, В.Ф. Залуни, Л.Н. Дадиверина.* — Д.: Пороги, 2005. — 310 с.
2. *Акинин, М. В.* Нейросетевые системы искусственного интеллекта в задачах обработки изображений / *М.В. Акинин, М.Б. Никифоров, А.И. Таганов.* - М.: РиС, 2016. - 152 с
3. *Баррет, Д.* Последнее изобретение человечества: искусственный интеллект и конец эры Homo sapiens / *Д. Баррет.* — М.: Альпина нон-фикшн, 2015. — 304 с.

4. *Загоруйко Ю.А.* Искусственный интеллект. Инженерия знаний: учеб. пособие для вузов / Новосиб. гос. унт. - М.: Юрайт, 2018. 93 с.: табл. - (Университеты России). - Библиогр.: с. 88- 91. - ISBN 978-5-534-07198-6.
5. *Боровская, Е.В.* Основы искусственного интеллекта: учеб, пособие / *Е. В. Боровская, Н. А. Давыдова.* — М.: БИНОМ. Лаборатории знаний, 2014. - 127 с.
6. *Демкин В.И.* История и перспективы развития нейронных сетей / Вестник современных исследований. - 2018. - № 6.1 (21). - С. 366-368.
7. *Джонс, М.Т.* Программирование искусственного интеллекта в приложениях / *М. Т. Джонс*; пер. с англ. *А. И. Осипов.* - М.: ДМК Пресс, 2018. - 311 с.
8. *Isakov, Yu.A.* Artificial intelligence / *Yu.A. Isakov* // ModernScience. - 2018. - № 6-1. - С. 25-27.
9. *Гаряев Н.А., Рыбакова А.О.* Облачные технологии взаимодействия при проектировании и строительстве. БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 4 (1004). С. 28-31.
10. *Гаряева В.В., Горяев Н.А.* Технологии виртуальной реальности в строительстве. В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. Сборник материалов семинара, проводимого в рамках VI Международной научной конференции. 2018. С. 43-46.
11. *Гаряев Н.А., Рыбина А.В.* Имитационная модель материально-технического обеспечения строительных объектов. Системные технологии. 2018. № 1 (26). С. 142-150.
12. *Рыбина А.В., Горяева В.В.* Анализ эффективности применения программ моделирования 3d-объектов в строительном проектировании. Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 5. С. 246-249.
13. *Garyaeva V.* Formation of competitive skills of civil engineers in the field of BIM technologies. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 01077.

*Железнова Анжела Оливеровна, студентка 4 курса 1 группы ИЦТМС
Научный руководитель -
доц., канд. техн. наук, доц. Н.А. Горяев*

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗВУКОВОГО ПОЛЯ ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМОВ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

На сегодняшний день в Москве насчитывается более 1000 храмов и часовен, многие из которых являются объектами культурного наследия. Для сохранения и улучшения эксплуатационных свойств, каждое здание нуждается в своевременной модернизации. Акустические свойства являются важнейшей характеристикой религиозных сооружений.

Конструкции многих действующих православных храмов Москвы, включая храмы современной постройки, не обладают необходимыми акустическими свойствами, а храмовые хозяйства зачастую не располагают достаточным бюджетом и компетенциями для решения обозначенной проблемы. С учетом богатого культурного наследия Москвы и значимости храмов как исторической, так и социальной, улучшение их акустических свойств и оптимизация звукового поля становится неотложной задачей.

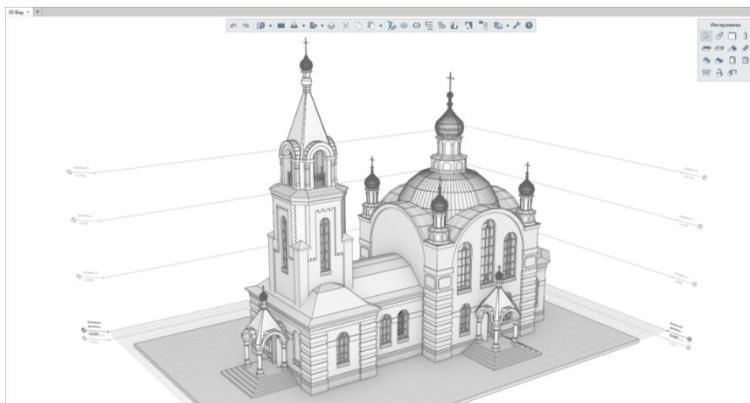


Рисунок 1 - Модель православного храма в программе Renga

Одним из перспективных направлений для решения задачи является внедрение цифровых решений на основе информационной модели здания [1], предлагающих новые возможности для сохранения и оборудования храмов, что актуально не только для современных построек, но и для исторических сооружений.

Моделирование звукового поля или акустики зданий — это процесс, основанный на изучении распространения звуковых колебаний внутри помещений, а также их влияния на качество звукопроводимости и распространения звука внутри здания или помещения. Акустический анализ зданий важен для обеспечения комфортных условий пребывания, хорошего звукопоглощения, избегания эха и других звуковых артефактов [2]. Этот аспект особенно важен для проектирования и моделирования концертных залов, театров и храмовых сооружений, где от уровня слышимости зависят ключевые эксплуатационные свойства здания.

В общем виде задачами и требованиями к совершенствованию звукового поля в православных храмах являются: анализ существующего звукового поля и определение характера распространения звука, выявление влияющих факторов и существующих недостатков; создание информационной модели храма для последующего анализа и наглядного представления внедряемых цифровых решений (рисунок 2; формирование требований к звуковому полю на основе проведенного анализа; подбор оптимальной звуковой системы и оборудования; тестирование и оптимизация разработанного решения; контроль работы системы.

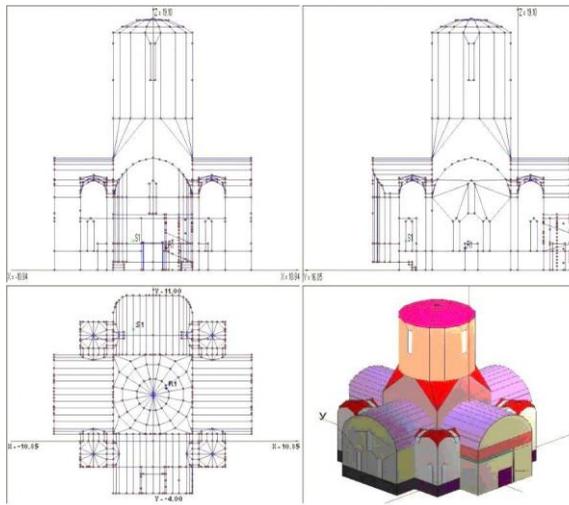


Рисунок 2 - Изометрия небольшой православной церкви в программе AIST-3D

На акустические свойства здания влияют такие параметры как звуковое давление, интенсивность звука, ревербация [3], фоновый уровень звука, а также используемые материалы и архитектурные решения, в частности форма помещения, отдельные дизайнерские элементы, планировка, своды потолков.

Рассматривая религиозные храмовые сооружения, стоит отметить присущие этой категории зданий особенности, влияющие на распространение звука. Так, например, в православных храмах отмечается большое количество деревянных конструкций, в частности алтарные сооружения. Особое внимание необходимо уделить слышимости хорового пения, а также голоса священника из любой точки здания. Звуковые волны имеют свойство накладываться, рассеиваться и отражаться от поверхностей, что может как положительно, так и негативно сказываться на слышимости. Эти особенности необходимо учитывать при проектировании.

Основанное на понимании параметров звукового поля, акустических явлений и применении соответствующих инструментов и методов совершенствование звукового поля позволит улучшить эксплуатационные свойства здания, и повысить комфорт посетителей. Добиться этого можно с помощью совершенствования существующих на данный момент методов анализа звукового поля и подбора технических и информационных решений.

Библиографический список

1. *Гаряев Н.А, Айюб Ф, Гаряев А.Н.* Обработка информации цифровой модели здания на выявление элементов инженерных коммуникаций с истекшим сроком эксплуатации / Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – № 4. – С. 57-60.
2. Акустическое моделирование: Acoustic Group, 2014. URL: <http://acoustic-group.com.ua/services/modeling/> (дата обращения: 22.02.2024).
3. Компьютерное моделирование при акустическом проектировании помещения. URL: https://show-master.ru/categories/kompyuternoe_modelirovanie_pri (дата обращения: 22.02.24).
4. *Garyaev N., Garyaeva V.* Big data technology in construction // 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. 01032. – DOI 10.1051/e3sconf/20199701032.
5. *Юдина, Е В.* XXXII сессия Российского акустического общества (14–18 октября 2019, Москва) / Акустический журнал. 2020. Т. 66, № 2. С. 213-230.
6. *Гаряев Н.А., Рыбакова А.О.* Облачные технологии взаимодействия при проектировании и строительстве. БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 4 (1004). С. 28-31.
7. *Гаряева В.В., Гаряев Н.А.* Технологии виртуальной реальности в строительстве. / Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. 2018. С. 43-46.
8. *Гаряев Н.А., Рыбина А.В.* Имитационная модель материально-технического обеспечения строительных объектов / Системные технологии. 2018. № 1 С. 142-150.
9. *Рыбина А.В., Гаряева В.В.* Анализ эффективности применения программ моделирования 3d-объектов в строительном проектировании. / Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 5. С. 246-249.
10. *Garyaeva V.* Formation of competitive skills of civil engineers in the field of BIM technologies. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 01077.

Клементьева Ангелина Ивановна, студентка 3 курса 3 группы ИЦТМС
Научный руководитель -
доц., канд. техн. наук, доц. **Н.А. Гаряев**

РАЗРАБОТКА ТЕЛЕГРАМ-ЧАТ-БОТА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ОРГАНИЗАЦИИ ПИТАНИЯ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

Актуальность работы обусловлена необходимостью совершенствования систем управления процессами организации питания на строительных площадках. В условиях, когда реализуются серьезные строительные проекты существует значительная потребность в оптимизации и автоматизации процессов обеспечения питания работников стройки. Разработка Телеграм-Чат-Бота для эффективного управления этими процессами представляет собой перспективное направление, способствующее повышению эффективности, сокращению временных задержек и обеспечению более эффективного распределения ресурсов с целью обеспечения полноценного питания на строительных объектах.

Такой подход к организации питания имеет потенциал существенно улучшить общую производительность и условия труда работников на стройплощадках, что является крайне актуальной задачей в современном строительстве.

Принимая во внимание динамичность и уникальные характеристики строительных проектов, целью работы является предложение инновационного информационного инструмента, способного автоматизировать, координировать и оптимизировать процессы управления питанием рабочих. В результате внедрения предлагаемой разработки планируется достичь улучшения эффективности системы обеспечения питания на строительных объектах, а также повысить общую производительность труда и уровень комфорта работников на строительных площадках.

Для практической реализации проекта по разработке Телеграм-Чат-Бота, направленного на эффективное управление процессами организации питания на строительной площадке, был выполнен тщательный подбор инструментария. В первую очередь, проанализированы программные средства, обеспечивающие создание и функционирование чат-ботов в Telegram, такие как Telegram Bot API.

Кроме этого, изучалось использование языка программирования, обладающего высокой гибкостью и расширяемостью, Python. Python предоставляет обширные возможности для разработки чат-ботов и взаимодействия с API, а также поддерживает множество библиотек и фреймворков, способствующих эффективной обработке данных.

Для обеспечения безопасности и надежности чат-бота рекомендуется внедрение механизмов шифрования данных, аутентификации и

авторизации, что можно достичь с использованием криптографических библиотек и протоколов, таких как SSL/TLS.

Важным аспектом является интеграция с базой данных для хранения и управления информацией о меню, предпочтениях пользователей и других необходимых данных. Для этого предлагается использование облачных таблиц данных.

Для регистрации нового чат-бота в мессенджере Telegram был задействован специализированный инструмент в виде бота «BotFather», предназначенного для проведения процедуры регистрации. С использованием данного механизма был получен уникальный API-токен, который в последующем использовался для связи с платформой разработки чат-ботов «Puzzlebot». Благодаря взаимодействию с «BotFather» были внесены первоначальные косметические изменения в структуру чат-бота, включая установку его наименования - «СтройФуд - Питание на строительной площадке», заполнение информационного поля «о боте» и формирование описания его функциональных возможностей. Интерфейс меню по редактированию бота в «BotFather» представлен на рисунке 1.

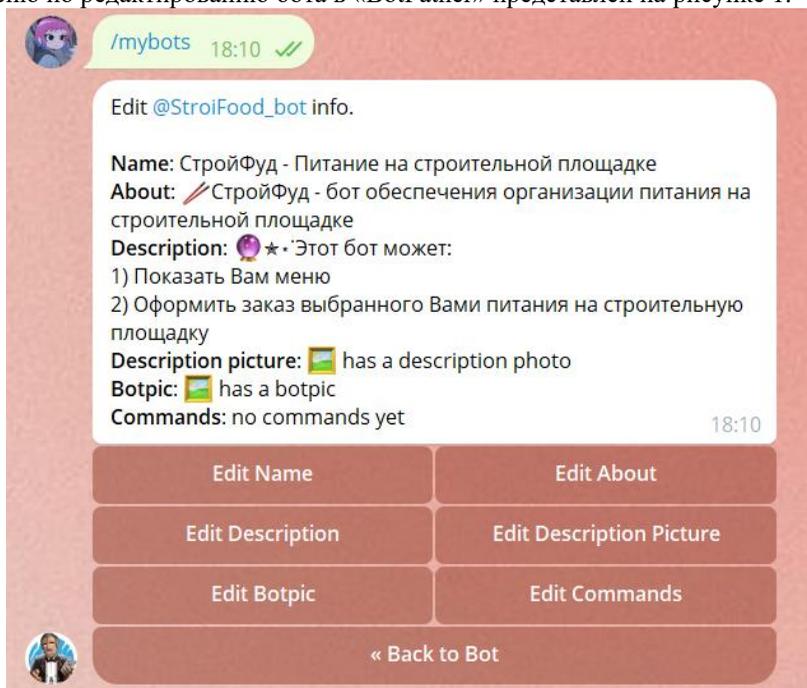


Рисунок 1 - Меню по редактированию бота

Дальнейшая работа с чат-ботом осуществлялась в среде разработки "PuzzleBot". Используемая технология предоставляет возможность создания

чат-ботов с применением визуальных блоков команд. Следует отметить, что данное программное средство предоставляет обширный набор функциональных возможностей в своей бесплатной версии, что обеспечивает разработчикам значительные преимущества при создании собственного чат-бота. Функциональная структура чат-бота «СтройФуд - Питание на строительной площадке» представлена на рисунке 2.

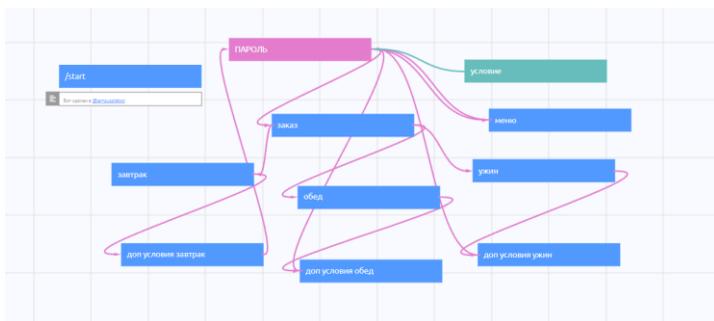


Рисунок 2 - Схема чат-бота СтройФуд

В чат-боте с наименованием "СтройФуд" внедрена функциональность, обеспечивающая аутентификацию посредством ввода пароля. Данное дополнение осуществлено целенаправленно с тем, чтобы предоставление доступа к чат-боту было ограничено лишь сотрудниками, работающими на строительной площадке. С учетом обеспечения безопасности и контроля доступа, предусмотрено периодическое изменение пароля, что обеспечивает сохранение доступа к чату исключительно для определенного круга пользователей. После успешного ввода пароля осуществляется предоставление доступа к просмотру меню и возможности размещения заказа в чат-боте. Данная ситуация изображена на рисунке 3.

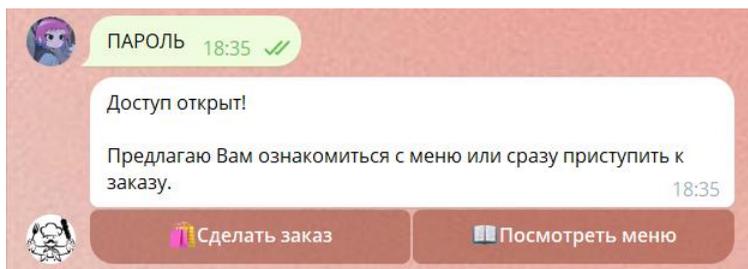


Рисунок 3 - Ввод пароля и главное меню «СтройФуд»

Для удобства пользователя, эти функциональности были реализованы при помощи Инлайн клавиатуры. Для ознакомления с ассортиментом блюд предлагается выбрать соответствующую кнопку «Посмотреть меню».

При выборе опции «Сделать заказ» предоставляется сообщение с возможностью указать предпочтительный прием пищи: завтрак, обед или ужин. Каждый из указанных приемов пищи соотнесен с уникальным перечнем блюд, специально подобранных для соответствующего времени приема пищи. Кроме того, фиксируется стоимость: завтрак – 350 рублей, обед – 400 рублей, ужин – 450 рублей.

При оформлении заказа акцентируется внимание пользователя на стоимости выбранного приема пищи. Процесс сбора заказа начинается с указания номеров выбранных блюд. Этот формат выбран не случайно, так как он оптимизирует время пользователя и способствует формированию более обширного списка возможных блюд. Процесс заказа двух блюд и напитка изображен на рисунке 4.

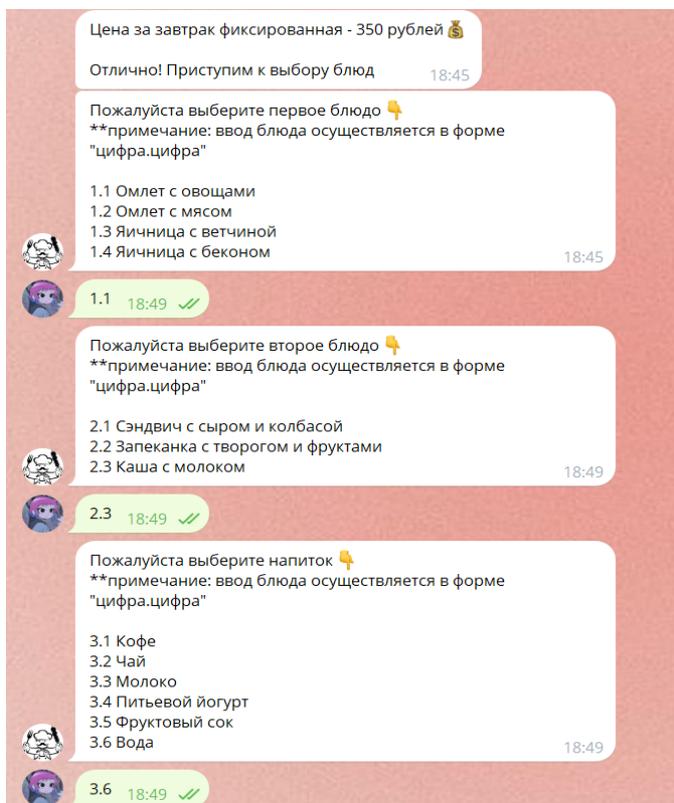


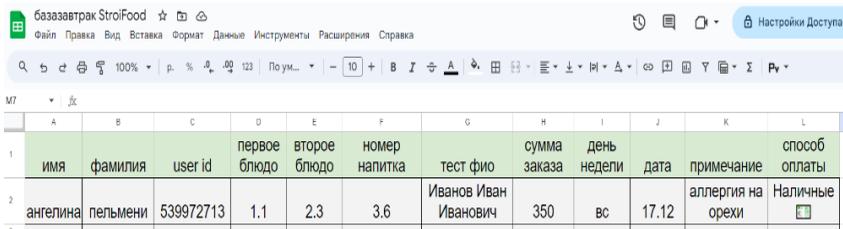
Рисунок 4 Формирование заказа

После формирования содержимого заказа, бот попросит пользователю предоставить некоторую информацию по заказу: ФИО пользователя, дату доставки, день недели доставки, предпочтительный способ оплаты и примечание, в котором пользователь может отразить наличие аллергии и непереносимости отдельных продуктов.

После окончания оформления заказа, пользователю приходит оповещение о том, что заказ принят.

А конец оформления заказа для сотрудников значит, что все данные о заказе уже автоматически занесены в «Google Таблицы».

Пример автоматически заполненной таблицы представлен на рисунке 5.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	имя	фамилия	user id	первое блюдо	второе блюдо	номер напитка	тест фио	сумма заказа	день недели	дата	примечание	способ оплаты
2	ангелина	пельмени	539972713	1.1	2.3	3.6	Иванов Иван Иванович	350	вс	17.12	аллергия на орехи	Наличные

Рисунок 5 - База данных «СтройФуд» по приему пищи «завтрак»

В заключении следует подчеркнуть, что автоматизация управления процессом организации питания на строительной площадке при помощи чат-бота в Telegram предоставляет ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными методами организации питания на строительных объектах.

Этот подход обеспечивает пользователям возможность индивидуального выбора блюд и напитков в соответствии с их личными предпочтениями, что позволяет им наслаждаться разнообразным питанием в соответствии с собственными вкусовыми предпочтениями.

Чат-бот дает сотрудникам широкий спектр кулинарных вариантов, включая блюда, которые не предоставляются кейтеринговыми компаниями, и способствует эффективному и удобному обмену информацией между конечным пользователем и службой доставки.

Важным направлением развития предложенной разработки является интеграция дополнительных функциональностей, таких как улучшенная система обратной связи и анализ питательной ценности блюд, адаптация чат-бота к особенностям строительных площадок, учет их уникальных графиков и потребностей.

Все эти меры позволят повысить эффективность чат-бота при организации питания на строительных площадках и создать основу для дальнейших инноваций в данной области.

Библиографический список

1. База знаний PazzleBot, статья «Инлайн команда» [Электронный ресурс]URL: <https://help.puzzlebot.top/article?r=5&a=82> (дата обращения 11.12)
2. База знаний PazzleBot, статья «Не работает Форма ввода или частые ошибки» [Электронный ресурс]URL: <https://help.puzzlebot.top/article?r=5&a=109> (дата обращения 11.12)
3. База знаний PazzleBot, статья «Как подключить ресурс к сервису PazzleBot» [Электронный ресурс]URL: <https://help.puzzlebot.top/article?r=4&a=9> (дата обращения 11.12)
4. База знаний PazzleBot, статья «Обзор раздела Конструктор» [Электронный ресурс]URL: <https://help.puzzlebot.top/article?r=5&a=59> (дата обращения 11.12)
5. *Гаряев Н.А., Рыбакова А.О.* Облачные технологии взаимодействия при проектировании и строительстве. БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 4 (1004). С. 28-31.
6. *Гаряева В.В., Горяев Н.А.* Технологии виртуальной реальности в строительстве. В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. Сборник материалов семинара, проводимого в рамках VI Международной научной конференции. 2018. С. 43-46.
7. *Гаряев Н.А., Рыбина А.В.* Имитационная модель материально-технического обеспечения строительных объектов. Системные технологии. 2018. № 1 (26). С. 142-150.
8. *Рыбина А.В., Гаряева В.В.* Анализ эффективности применения программ моделирования 3d-объектов в строительном проектировании. Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 5. С. 246-249.
9. *Garyaeva V.* Formation of competitive skills of civil engineers in the field of BIM technologies. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 01077.

Кузьменко Егор Олегович, студент 2 курса 1 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. **Н.А. Горяев**

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА PYTHON

Введение

Проекты в разных отраслях играют важную роль в достижении поставленных целей и задач для компаний. Особенно это важно в строительстве, где необходимо эффективно планировать ресурсы, управлять множеством задач и устанавливать четкие сроки.

Для оптимальной организации процессов и управления проектами используется модель сетевого планирования, которое позволяет представить проект в виде графа задач и зависимостей между ними. В данной статье я рассмотрю методику решения задач на Python, популярном языке программирования

Обзор используемых инструментов

Collections – для создания именованных кортежей

Prettytable – для создания красиво оформленной таблицы из параметров

Networkx - для построения сетевой модели в виде графов

Matplotlib – для визуализации полученной модели

Структура данных для решения задачи

В качестве основного места, где будут храниться данные, я выбрал именные кортежи (namedtuple).

Они позволяют создавать неизменяемые объекты с именованными полями.

Пример того, как именованные кортежи выглядят, так

```
Student(name='Alice', surname='Smith', age=20, gpa=3.8)
```

В реализации использованы следующие именные кортежи:

input_model с именем input_model, которое содержит два поля: **time** (время выполнения работы) и **set_k** (множество зависимостей для конкретной работы)

row – структура данных для хранения информации о конкретной работе или задаче в сетевой модели. Он содержит следующие поля:

i: Индекс работы или задачи

time: Время выполнения данной работы.

set_k: Множество зависимостей (индексы предшествующих работ).

rn: Начальное время (ранний старт) выполнения работы.

rk: Конечное время (ранний конец) выполнения работы.

pn: Начальное время (поздний старт) выполнения работы.

pk: Конечное время (поздний конец) выполнения работы.

r: Резерв времени для работы

Исходные данные для модели находятся в файле **input.txt**

Данные представлены парами чисел, где первое число – это длительность выполнения конкретной работы, а второе число – множество работ, предшествующих данной работе с номером i .

Для корректной работы граф должен быть без петель, т.е. антирефлексивным бинарным отношением.

Алгоритмы и функции программы

После ввода данных из файла мы получим следующий вид данных:

```
input_model(time=6, set_k=set())
input_model(time=4, set_k={1})
input_model(time=2, set_k={1})
input_model(time=2, set_k={1})
input_model(time=3, set_k={2})
input_model(time=3, set_k={3})
input_model(time=2, set_k={4})
input_model(time=4, set_k={5, 6, 7})
input_model(time=2, set_k={5, 6, 7})
input_model(time=3, set_k={9, 7})
input_model(time=3, set_k={4})
input_model(time=4, set_k={8, 10, 11})
```

Рисунок 1 – Именные кортежи модели

Введём обозначения:

$t(rn,i)$ – ранний срок начала работы

$t(rk,i)$ – ранний срок окончания работы

$t(pn,i)$ – поздний срок начала работы

$t(pk,i)$ – поздний срок окончания работы

Для вычисления $t(rn,i)$ и $t(rk,i)$ используются следующие формулы:

1. Раннее начало $t(rn,i)$ работы i :

- $t(rn,i) = \max(t(rk,j))$, где j - предшественники работы i

2. Ранний конец $t(rk,i)$ работы i :

- $t(rk,i) = t(rn,i) + \text{длительность работы } i$

Где:

- $t(rn,i)$ - раннее начало работы i

- $t(rk,i)$ - ранний конец работы i

- $t(rk,j)$ - ранний конец работы j , предшествующей работе i

Перейдём к вычислению параметров $t(pn,i)$, $t(pk,i)$ и $r(i)$

1. Позднее начало $t(pn,i)$:

- $t(pn,i) = t(pk, \text{предшественника}) - \text{длительность работы } i$

- Если есть предшественники, то $t(pn,i)$ определяется как минимальное значение из $t(pk, \text{предшественников})$, иначе $t(pn,i) = t(pk,i) - \text{длительность работы } i$

2. Поздний конец $t(pk,i)$:

- $t(pk,i) = t(rk,i)$ для работы i

- Если есть следующие работы, то $t(pk,i) = \text{минимальное значение из } t(pn, \text{следующих работ})$, иначе $t(pk,i) = t(rk,i)$

3. Резерв времени $t(r,i)$:

$$- t(r,i) = t(pn,i) - t(rn,i)$$

- Если $t(r,i)$ не равно $t(pk,i) - t(rk,i)$ или меньше нуля, возникает ошибка

```
t(pk) при i = 12: 22
t(pk) при i = 11: 18 (посещенные работы: {12})
t(pk) при i = 10: 18 (посещенные работы: {12})
t(pk) при i = 9: 15 (посещенные работы: {10, 12})
t(pk) при i = 8: 18 (посещенные работы: {12})
t(pk) при i = 7: 13 (посещенные работы: {8, 9, 10, 12})
t(pk) при i = 6: 13 (посещенные работы: {8, 9, 10, 12})
t(pk) при i = 5: 13 (посещенные работы: {8, 9, 10, 12})
t(pk) при i = 4: 11 (посещенные работы: {7, 8, 9, 10, 11, 12})
t(pk) при i = 3: 10 (посещенные работы: {6, 8, 9, 10, 12})
t(pk) при i = 2: 10 (посещенные работы: {5, 8, 9, 10, 12})
t(pk) при i = 1: 6 (посещенные работы: {2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12})
```

Рисунок 2 - Вычисление $t(pk,i)$ в программе

```
t(pn) при i = 12: 22 - 4 = 18
t(pn) при i = 11: 18 - 3 = 15
t(pn) при i = 10: 18 - 3 = 15
t(pn) при i = 9: 15 - 2 = 13
t(pn) при i = 8: 18 - 4 = 14
t(pn) при i = 7: 13 - 2 = 11
t(pn) при i = 6: 13 - 3 = 10
t(pn) при i = 5: 13 - 3 = 10
t(pn) при i = 4: 11 - 2 = 9
t(pn) при i = 3: 10 - 2 = 8
t(pn) при i = 2: 10 - 4 = 6
t(pn) при i = 1: 6 - 6 = 0
```

Рисунок 3 – Вычисление $t(pn,i)$

```
t(r) при i = 12: 18 - 18 = 0
t(r) при i = 11: 15 - 8 = 7
t(r) при i = 10: 15 - 15 = 0
t(r) при i = 9: 13 - 13 = 0
t(r) при i = 8: 14 - 13 = 1
t(r) при i = 7: 11 - 8 = 3
t(r) при i = 6: 10 - 8 = 2
t(r) при i = 5: 10 - 10 = 0
t(r) при i = 4: 9 - 6 = 3
t(r) при i = 3: 8 - 6 = 2
t(r) при i = 2: 6 - 6 = 0
t(r) при i = 1: 0 - 0 = 0
```

Рисунок 4 – Вычисление $g(i)$

Все полученные вычисления заносятся в таблицу (рисунок 5).

Хотите добавить новую работу? (да/нет): нет

i	t(i)	K(i)	t(rn, i)	t(rk, i)	t(pn, i)	t(pk, i)	r(i)
1	6	{}	0	6	0	6	0
2	4	{1}	6	10	6	10	0
3	2	{1}	6	8	8	10	2
4	2	{1}	6	8	9	11	3
5	3	{2}	10	13	10	13	0
6	3	{3}	8	11	10	13	2
7	2	{4}	8	10	11	13	3
8	4	{5, 6, 7}	13	17	14	18	1
9	2	{5, 6, 7}	13	15	13	15	0
10	3	{9, 7}	15	18	15	18	0
11	3	{4}	8	11	15	18	7
12	4	{8, 10, 11}	18	22	18	22	0

Хотите добавить новую работу? (да/нет): да
 Введите время выполнения новой работы: 6
 Введите через пробел зависимости новой работы: 11 12

i	t(i)	K(i)	t(rn, i)	t(rk, i)	t(pn, i)	t(pk, i)	r(i)
1	6	{}	0	6	0	6	0
2	4	{1}	6	10	6	10	0
3	2	{1}	6	8	8	10	2
4	2	{1}	6	8	9	11	3
5	3	{2}	10	13	10	13	0
6	3	{3}	8	11	10	13	2
7	2	{4}	8	10	11	13	3
8	4	{5, 6, 7}	13	17	14	18	1
9	2	{5, 6, 7}	13	15	13	15	0
10	3	{9, 7}	15	18	15	18	0
11	3	{4}	8	11	15	18	7
12	4	{8, 10, 11}	18	22	18	22	0
13	6	{11, 12}	22	28	22	28	0

Рисунок 5 - Готовая таблица и добавление новой работы

Граф G с временем выполнения операции

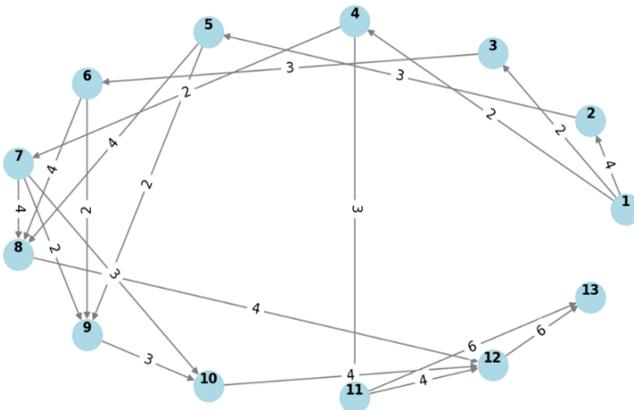


Рисунок 6 – Визуализация графа

Заключение

Язык программирования Python предоставляет удобный подход к решению задач сетевого планирования.

Благодаря простому синтаксису реализация задачи становится проще, что в результате позволяет сократить время на моделирование, анализ и оптимизацию проектов.

Библиографический список

1. Статья на Хабре: "Решение задач сетевого планирования на Python" [Электронный ресурс] // Хабр. - 2022. - URL: <https://habr.com/ru/articles/739368/> (дата обращения: 25.02.2024).
2. Лутц М. "Изучаем Python: 4-е издание" - СПб.: Питер, 2011. - 1280 с.
3. Документация по библиотеке Pyvis [Электронный ресурс] // Pyvis. - URL: <https://pyvis.readthedocs.io/en/latest/documentation.html> (дата обращения: 25.02.2024).
4. Статья на сайте "Управление проектом": "Сетевое планирование" [Электронный ресурс] // Управление проектом. - URL: <http://upr-proektom.ru/setevoe-planirovanie> (дата обращения: 25.02.2024).
5. Документация по библиотеке PTable [Электронный ресурс] // PTable. - URL: <https://ptable.readthedocs.io/en/latest/tutorial.html> (дата обращения: 25.02.2024)
6. *Гаряев Н.А., Рыбакова А.О.* Облачные технологии взаимодействия при проектировании и строительстве. БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 4 (1004). С. 28-31.
7. *Гаряева В.В., Горяев Н.А.* Технологии виртуальной реальности в строительстве. В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. Сборник материалов семинара, проводимого в рамках VI Международной научной конференции. 2018. С. 43-46.
8. *Гаряев Н.А., Рыбина А.В.* Имитационная модель материально-технического обеспечения строительных объектов. Системные технологии. 2018. № 1 (26). С. 142-150.
9. *Рыбина А.В., Гаряева В.В.* Анализ эффективности применения программ моделирования 3D-объектов в строительном проектировании. Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 5. С. 246-249.
10. *Garyaeva V.* Formation of competitive skills of civil engineers in the field of BIM technologies. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 01077.

Прокопьев Максим Антонович,
студент магистратуры 2 курса 5 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Н.А. Горяев

ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕСС РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДСКИХ ПРОСТРАНСТВ

В современном мире информационные технологии играют важную роль в различных сферах человеческой деятельности, в том числе и в архитектурном проектировании и реконструкции городских пространств. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является интеграция технологий информационного моделирования в процесс восстановления исторических городских территорий и ансамблей.

Это позволяет не только восстановить и сохранить уникальные архитектурные памятники, но и создать удобные и функциональные среды для жизни и деятельности современных горожан.

Информационное моделирование (ИМ) представляет собой методологический подход к созданию цифровых моделей объектов и систем с использованием компьютерных технологий. Оно базируется на принципах описания и анализа объектов с помощью структурированных данных, что позволяет эффективно управлять информацией и визуализировать объекты в различных аспектах.

Информационное моделирование – инструмент, предоставляющий возможность создания цифровых моделей существующих объектов, анализа их состояния и планирования будущих изменений в процессе реконструкции.

Оно также позволяет учитывать различные аспекты, такие как архитектурные детали, инженерные системы, социокультурные факторы и экологические аспекты, что делает процесс реконструкции более комплексным и информативным.

Исторически сложившиеся населенные пункты органично взаимодействуют с окружающей природой, создавая единый ансамбль. Архитектурно-планировочное развитие таких населенных пунктов определяется как постоянными (природно-климатическими) факторами, так и переменными (экономическими, социальными, этническими и творческими).

Однако современные требования и перспективы роста населенных пунктов требуют более внимательного подхода к планировке и проектированию. Существует несколько показателей, которые определяют нормативное отставание населенных пунктов от современного уровня жизни, вот некоторые из них:

- Несоответствие существующей системы культурно-бытового обслуживания населения ее реальной востребованности жителями;
- Наличие большого количества ветхого и аварийного жилого фонда;
- Низкий уровень инженерного обустройства и благоустройства;

Принятые архитектурные решения по развитию территорий должны быть направлены на обеспечение комфорта проживания, обслуживания, развитие архитектурного облика, в том числе художественно выразительными формами и объемно-планировочной структурой застройки, экономичностью и долговечностью [7].

Исходя из приведенных выше параметров оценки сложившейся городской среды, разрабатывается модель возможных вариантов трансформации архитектурно-планировочной организации исторического населенного пункта, состоящая из конкретных рекомендаций и касающаяся основных структурных элементов: жилых зон, общественно-деловых зон, рекреационных зон, промышленных (производственных) зон, транспортных коммуникаций.

Цель анализа – определить ценные характеристики исторического населенного пункта, подлежащие сохранению.

На первом этапе изучается история населенного пункта, его планировка, застройка, природная среда. Используются библиографические и архивные источники. Также анализируются объекты культурного наследия, их расположение и степень сохранности. Вся информация наносится на топосъемку.

На втором этапе проводится натурное исследование, включающее анализ природного окружения, планировки населенного пункта, состояния зданий и объектов культурного наследия. Фотофиксация проводится с разных дистанций для полного охвата территории и объектов.

Результаты исследования вносятся на топосъемку и используются при разработке проекта реконструкции [7].

При выборе участка для реконструкции необходимо учитывать, что при выполнении проекта можно изменять функцию территории и отдельных зданий в соответствии с зонированием и разрешенным использованием, установленным генеральным планом и правилами землепользования и застройки поселения, воссоздавать утраченные планировочные элементы и доминанты, производить реконструкцию объектов, не превышая установленных градостроительным регламентом параметров. Чтобы получить полную информацию об объекте последующей реставрации, необходимо провести градостроительный анализ территории, который включают в себя:

1. Анализ обеспеченности объектами административного и культурно-бытового назначения:

- Определение соответствия наличных объектов нормам обслуживания.

- Оценка вместимости и типов объектов культурно-бытового назначения.

2. Анализ обеспеченности рекреационными зонами и озеленением улиц:

- Определение площади рекреационных зон и необходимых реконструктивных мероприятий.

- Анализ существующего озеленения улиц и предложения по его улучшению.

3. Анализ существующих транспортных коммуникаций и объектов транспортной инфраструктуры:

- Изучение улично-дорожной сети и транспортной схемы.

- Оценка наличия гаражей, стоянок и парковок, а также необходимых мероприятий для их улучшения.

4. Анализ природного ландшафта:

- Изучение рельефа местности для определения возможностей застройки и создания рекреационных зон.

- Оценка состояния и использования объектов гидрографии для рекреационных целей.

- Построение розы ветров для данной территории.

1. Анализ объемно-планировочной структуры и реконструктивного вмешательства:

1.1 Изучение объектов культурного наследия и объектов капитального строительства для определения необходимых мероприятий по сохранению и реконструкции.

1.2 Анализ зданий, их состояния и соответствия историческому контексту.

1.3 Идентификация объектов, требующих реконструкции или сноса.

1.4 Определение мест нового строительства и реконструктивных мероприятий.

2. Анализ существующей жилой застройки:

Изучение типов жилых домов, их этажности и габаритов.

Оценка износа жилого фонда и плотности застройки.

Анализ планировочной структуры жилых кварталов.

3. Анализ обеспеченности объектами административного и культурно-бытового назначения:

3.1 Определение соответствия наличных объектов нормам обслуживания.

3.2 Оценка вместимости и типов объектов культурно-бытового назначения.

2. Анализ обеспеченности рекреационными зонами и озеленением улиц:

4.1 Определение площади рекреационных зон и необходимых реконструктивных мероприятий.

4.2 Анализ существующего озеленения улиц и предложения по его улучшению.

3. Анализ существующих транспортных коммуникаций и объектов транспортной инфраструктуры:

5.1 Изучение улично-дорожной сети и транспортной схемы.

5.2 Оценка наличия гаражей, стоянок и парковок, а также необходимых мероприятий для их улучшения.

4. Анализ природного ландшафта:

6.1 Изучение рельефа местности для определения возможностей застройки и создания рекреационных зон.

6.2 Оценка состояния и использования объектов гидрографии для рекреационных целей.

6.3 Построение розы ветров для данной территории.

На основе проведенного градостроительного анализа определяются ключевые проблемы и потенциалы территории, а также формулируются стратегические цели и задачи для реконструкции исторических городских пространств. Это позволяет разработать концептуальные решения и планы развития, учитывающие уникальные характеристики и потребности каждой конкретной территории.

Также необходимо учитывать социокультурные аспекты сохранения объектов культурного наследия, включая мнения и интересы местного населения, соблюдение традиций и культурных ценностей сообщества. Вовлечение общественности в процесс принятия решений по реконструкции исторических городских пространств играет важную роль в обеспечении легитимности и устойчивости проводимых изменений.

Таким образом, решение проблемы сохранения объектов культурного наследия требует комплексного подхода, учитывающего технические, социокультурные и организационные аспекты.

Часть процессов, выполняемых при подготовке предпроектной стадии по реконструкции исторических городских территорий, можно реализовать с помощью технологий информационного моделирования.

В качестве примера представлена программа Grasshopper — это графический алгоритмический редактор, который интегрирован с программой Rhinoceros 3D. Он используется для создания параметрических моделей и выполнения различных анализов в архитектурном проектировании и градостроительстве.

При помощи Grasshopper данные можно интерпретировать и визуализировать огромным количеством способов, получив наглядные и красивые схемы. Grasshopper предоставляет возможность импортировать данные из OpenStreetMap (OSM) непосредственно в свою среду, что является ключевым шагом для проведения градостроительного анализа.

Этот процесс позволяет получить актуальные геопространственные данные о зданиях, дорогах, зеленых зонах и других объектах, которые необходимо учитывать при планировании реконструкции.

Grasshopper позволяет легко анализировать и визуализировать эти данные, что обеспечивает более глубокое понимание характеристик городского пространства и эффективное принятие решений о его развитии.

Путем моделирования геометрии и характеристик зданий, ландшафтных особенностей и освещенности, Grasshopper обеспечивает анализ, необходимый для выявления ключевых проблем и потенциала среды.

Это позволяет архитекторам и градостроителям разрабатывать оптимальные решения, сочетающие в себе историческую ценность и современные требования.

Результаты анализа, полученные благодаря данному программному обеспечению, становятся основой для разработки концепций реконструкции, оптимизации планировки и дизайна городской среды, а также повышения энергоэффективности и комфортности пространства.

Таким образом, интеграция технологий информационного моделирования, в частности программы Grasshopper, становится важным инструментом в процессе реконструкции исторических городских пространств, способствуя созданию устойчивых, функциональных и привлекательных городских сред.

Главная трудность внедрения ТИМ в реставрационное проектирование – создание информационной модели исторических объектов, которые в большинстве своем выделяются сложностью и богатством форм и внешних архитектурных элементов.

Начинать проектирование необходимо с анализа участка, с последующим распределением функциональных зон, где первоначально учитываются ландшафтные особенности.

Тем не менее не стоит отрицать возможность создания планировки, как первоочередного этапа всей схемы, в соответствии со всеми требованиями, под которую уже впоследствии будет изменен участок.

Это дает актуальность текущему исследованию и возможность генеративному проектированию считаться основным из инструментов планирования [6].

Следующий шаг — это подготовка местности перед реконструкцией территории - ключевой этап в освоении территории, и для оптимизации этого процесса на предпроектном этапе применяются современные технологии информационного моделирования.

Создание цифровой модели местности на основе фотограмметрических данных позволяет эффективно сократить затраты времени и ресурсов, сравнительно с традиционными методами исследования территории.

Фотограмметрия - техническая наука о методах определения метрических характеристик объектов и их положения в двух- или трехмерном пространстве по снимкам, полученным с помощью специальных съемочных систем.

Это обеспечивает возможность быстрого сбора и обработки данных с использованием автоматизированных программных продуктов, таких как AutodeskReCap и Revit.

Полученная фотограмметрическая информация используется для создания цифровой модели рельефа, которая применяется при проектировании застройки, а также для создания визуализаций объектов ландшафтной архитектуры и урбанизированных систем.

Это позволяет сократить количество ошибок в расчетах и ускорить процесс проектирования.

Применение технологий информационного моделирования в процессах реконструкции исторических городских пространств приведет к значительному улучшению качества и эффективности проектов. Результатом использования этих технологий будет создание более точных и детальных цифровых моделей городской среды, включая модели рельефа, зданий, инфраструктуры и ландшафта.

Это позволит архитекторам, градостроителям и планировщикам более глубоко анализировать существующее состояние города, предвидеть возможные изменения и оценивать влияние новых проектов на окружающую среду.

Кроме того, использование информационного моделирования ускорит процесс принятия решений, снизит риски ошибок и улучшит коммуникацию между участниками проекта.

В итоге, это способствует более эффективной и устойчивой реконструкции исторических городских пространств, соответствующей современным требованиям и потребностям общества.

Библиографический список

1. Федерации от Градостроительный кодекс Российской № 190-ФЗ от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 25.12.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.02.2024 // [Электронный ресурс] URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 21.02.2024).

2. Федеральный закон от 25.06.2002 N 73-ФЗ (ред. от 23.07.2013) "Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации" // <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 21.02.2024).

3. Постановление Правительства РФ от 26.04.2008 N 315 (ред. от 18.05.2011) "Об утверждении Положения о зонах охраны объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации"// [Электронный ресурс] URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 21.02.2024).

4. ГОСТ 55528.13 «Состав и содержание научно-проектной документации по сохранению объектов культурного наследия. Памятники истории и культуры». // [Электронный ресурс] URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 21.02.2024)

5. СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*. М-2011 (дата обращения: 21.02.2024).

6. *Целуйко Д.С.* Создание графоаналитической модели сада культивации в г. Сучжоу. Генерирование планировочных структур с помощью Rhinoceros

(Grasshopper) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. (дата обращения: 21.02.2024).

7. *Чесноков Г. А., Кригер Л. В., Савченко В. В.* Реконструкция исторического населенного пункта /Воронежский государственный технический университет; – Воронеж, 2017.

8. *Талапов В.В.* Информационная модель здания – опыт архитектурного применения. Архитектура и современные информационные технологии /АМИТ: электрон. журн. 2008. № 4(5). URL: <http://www.marhi.ru/АМИТ/2008/4kvart08/Talapov/article.php> (дата обращения: 21.02.2024).

9. *Козлова Т. И., Романова Л. С., Талапов В.В.* Информационное моделирование зданий – опыт применения в реконструкции и реставрации. САПР и графика. М, 2009, №8, с.4-7. (дата обращения: 21.02.2024).

10. *Гаряев Н.А., Рыбакова А.О.* Облачные технологии взаимодействия при проектировании и строительстве. БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 4 (1004). С. 28-31.

11. *Гаряева В.В., Горяев Н.А.* Технологии виртуальной реальности в строительстве. В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. Сборник материалов семинара, проводимого в рамках VI Международной научной конференции. 2018. С. 43-46.

12. *Гаряев Н.А., Рыбина А.В.* Имитационная модель материально-технического обеспечения строительных объектов. Системные технологии. 2018. № 1 (26). С. 142-150.

13. *Рыбина А.В., Гаряева В.В.* Анализ эффективности применения программ моделирования 3d-объектов в строительном проектировании. Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 5. С. 246-249.

14. *Garyaeva V.* Formation of competitive skills of civil engineers in the field of BIM technologies. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 01077.

Пытаева Диана Станиславовна,
студентка магистратуры 2 курса 5 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Н.А. Гаряев

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ УМНЫХ ДОМОВ

В настоящее время проектирование умных домов становится все более актуальным и значимым. Такие системы предлагают уникальные возможности автоматизации жилищного пространства с использованием передовых технологий.

Умный дом — это концепция, которая объединяет различные устройства и системы в доме, чтобы обеспечить комфорт, безопасность и энергоэффективность. Многие процессы и аспекты нашей жизни автоматизируются. Исключением не стал быт и пользование жильем [1].

Системы умного дома позволяют поддерживать различные функции, такие как:

- **Контроль климата.** Совместное функционирование отопительных, вентиляционных и кондиционирующих систем обеспечивает стабильный микроклимат в помещениях и максимальную энергоэффективность при минимальных затратах тепловой и электрической энергии, а также обеспечивает дистанционное управление климатом в квартире или в доме.

- **Охрана.** Обеспечивается контроль движения, задымления, открытия дверей и окон, а также контроль за работой системы видеонаблюдения.

- **Пожарная безопасность дома.** Контроль появления дыма и резкого скачка температуры.

- **Освещение.** Секционное отключение, плавная регулировка и управление электрокарнизами.

- **Предупреждение аварий.** Контроль протечки воды и утечки газа.

- **Контроль входа-выхода.** Управление воротами, подключение к домофону.

- **Снижение затрат.** Выключение забытого освещения и электроприборов, а также перевод отопления в экономичный режим при отсутствии жильцов.

На сегодняшний день довольно слабо развито проектирование систем умного дома. Для их эффективного функционирования необходимо не только интегрировать различные устройства и системы, но и обеспечить их взаимодействие на высоком уровне.

Проектирование системы умного дома имеет такое же большое значение, как и проектирование самого здания, где она будет установлена.

Конечно, если произойдет ошибка, последствия не будут катастрофическими, но постоянные сбои в работе кондиционеров или

отключение водоснабжения из-за некорректно установленного датчика протечек сделают невозможным полноценное пользование домом.

В этом случае технологии информационного моделирования помогут избежать возможных проблем еще на этапе проектирования самого загородного дома или квартиры, предоставляя возможность создания точной модели умного дома, которая бы отображала все его компоненты и взаимодействия между ними.

В условиях быстро развивающегося цифрового мира, информационное моделирование (BIM) представляет собой ключевой инструмент для повышения эффективности проектирования, реализации и управления системами умного дома. Эта тема особенно важна для создания более устойчивых, энергоэффективных и удобных в использовании жилых и коммерческих зданий, способствующих повышению качества жизни и оптимизации эксплуатационных расходов.

В настоящее время появляются готовые комплексные решения различных брендов, таких как, Rubetek, «Мегафон», «Яндекс», ООО «Информационные системы и стратегии», ООО «Юникорн» и др. [2], а в строительной отрасли уже имеются разработанные семейства для большого количества элементов и инженерных систем. Однако для проектирования устройств и датчиков умного дома проектов не найдено [3].

Таким образом, появляется важность разработки набора семейств для проектирования умного дома и определения мест для их установки в помещении, поскольку передаваемые датчиками данные должны достоверно отражать состояние устройств и объектов в пространстве умного дома, а потому важно правильно их разместить [4].

Такие семейства позволят оказать значительную помощь в процессе проектирования умного дома. Наличие готовых и проверенных решений поможет ускорить процесс проектирования таких систем, а использование этих компонентов облегчит обслуживание и модернизацию умного дома в будущем.

Применяя технологии информационного моделирования в проектировании умных домов, возможно оптимизировать проект на ранних стадиях. Это может снизить затраты на строительство за счет более эффективных проектных решений.

На сегодняшний день внедрение технологий умного дома является уже не столь трудной и дорогой задачей как в прошлом десятилетии.

Для пользователей сейчас уже доступны к самостоятельной установке такие приборы умного дома, как умное освещение с дистанционной регулировкой, розетки с удаленным доступом и датчики присутствия [5].

Таким образом, можно сделать вывод, что технологии информационного моделирования играют значительную роль в развитии сферы умных домов. Они могут создавать детальные модели, что позволяет проводить анализ и оптимизацию их работы еще до внедрения. Применение технологий информационного моделирования в умных домах позволяет повысить

эффективность и безопасность систем, а также снизить затраты на строительство и эксплуатацию зданий.

Тем не менее, существуют определенные вызовы и проблемы, связанные с применением технологий информационного моделирования в сфере умных домов, включая ограниченные возможности моделирования системы умного дома, которая не сводится к простому набору инженерных коммуникаций, а представляет собой сети, связанные в единую систему специальной автоматикой.

Для дальнейшего развития и широкого внедрения технологий информационного моделирования в умные дома необходимо решить эти проблемы. Это позволит создать более эффективные, безопасные и экологичные дома и здания, что в свою очередь будет способствовать устойчивому развитию городов и улучшению качества жизни людей.

Библиографический список

1. *Логвиненко В.В., Гордиенко С.М.* Разработка шаблона умного дома для проектирования в BIM технологиях на примере оборудования фирмы Ectocontrol // Ползуновский альманах. – 2023. – № 1. – С. 69-72

2. *Самодолов А.П., Самодолова О.А., Николаенко Е.В.* Особенности развития «Умных домов» в России // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 78–84.

3. *Логвиненко В.В., Гордиенко С.М.* Разработка семейства элементов "умный дом" в Revit // Ползуновский альманах. – 2021. – № 1. – С. 86-88

4. *Федорова В.С.* Умный дом: проблемы проектирования технической системы // МЛ-64 Сборник научных статей 7-й Международной научной конференции. – 2022. – С. 249-252

5. *Горбачев А.Ю., Ласкарев А.И., Гулякин Д.В.* Перспективы развития систем «Умный дом» в жилых зданиях // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – С. 134-137. DOI: 10.18411/trnio-03-2023-256

6. *Гаряев Н.А., Рыбакова А.О.* Облачные технологии взаимодействия при проектировании и строительстве. БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 4 (1004). С. 28-31.

7. *Гаряева В.В., Горяев Н.А.* Технологии виртуальной реальности в строительстве. В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. Сборник материалов семинара, проводимого в рамках VI Международной научной конференции. 2018. С. 43-46.

8. *Гаряев Н.А., Рыбина А.В.* Имитационная модель материально-технического обеспечения строительных объектов. Системные технологии. 2018. № 1 (26). С. 142-150.

9. *Рыбина А.В., Гаряева В.В.* Анализ эффективности применения программ моделирования 3d-объектов в строительном проектировании. Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 5. С. 246-249.

10. *Garyaeva V.* Formation of competitive skills of civil engineers in the field of BIM technologies. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 01077.

*Ширяев Артемий Викторович, студент 3 курса 2 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук, доц. Н.А. Гаряев*

АВТОМАТИЗАЦИИ ОПЕРАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ МАТЕРИАЛАМИ И ИНСТРУМЕНТАМИ С ПРИОБЪЕКТНОГО СКЛАДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАТ-БОТ TELEGRAM

В настоящее время информационные технологии становятся неотъемлемой частью организации и управления строительными процессами, а внедрение автоматизированных систем, таких как чат-боты [1], представляет собой важный шаг в повышении эффективности и улучшении оперативности снабжения стройплощадки необходимыми ресурсами.

Использование приобъектного склада предоставляет дополнительные преимущества, связанные с точным учетом и мониторингом материалов и инструментов на уровне конкретного строительного объекта [2]. Этот подход отвечает требованиям современного управления строй-процессами, направленного на минимизацию временных и ресурсных затрат, а также повышение общей производительности [3].

В связи с этим, автоматизация оперативного обеспечения строительной площадки с использованием чат-бота Telegram приобъектного склада представляет собой актуальную задачу, способствующую современному прогрессу в области строительных технологий и оптимизации управления ресурсами на стройке.

Приобъектные склады организуются на строительных площадках, или в непосредственной близости от них. Они необходимы для обеспечения непрерывности процесса строительных работ в тех случаях, когда невозможно наладить бесперебойный характер доставки материально-технических ресурсов [4]. Однако, при отсутствии эффективной системы управления складом, могут возникать проблемы, такие как:

- 1) Неэффективное использование площадей и складских мощностей;
- 2) Недостаточный контроль за запасами;
- 3) Несоблюдение правил складирования;
- 4) Неэффективная организация работы склада.

Для решения этих проблем необходимо автоматизировать учет материалов и оборудования на складе. Одним из способов автоматизации учета является использование чат-бота в Telegram.

Чат-бот — это автоматическая программа для взаимодействия с пользователями. Алгоритм помогает решать различные задачи.

Преимущества использования чат-бота в Telegram для автоматизации учета материалов и оборудования на складе строительной площадки:

1) Простота использования. Чат-боты просты в использовании и не требуют специальных навыков для работы с ними.

2) Мобильность. Чат-боты доступны с любого устройства, подключенного к Интернету.

3) Экономичность. Чат-боты являются относительно недорогим решением для автоматизации учета материалов и оборудования.

В рамках данной работы был создан чат-бот в Telegram в веб-сервисе по-
code разработки PuzzleBot [5-8]. В нашем случае чат-бот используется для
мониторинга материалов и инструментов на приобъектном складе.

Чат-бот имеет следующие функциональные возможности:

1) Проверка наличия материалов и инструментов на приобъектном складе.

2) Заказ материалов и инструментов, в случае их необходимости.

На рисунках 1-4 представлена структура блок-схема созданного чат-бота.

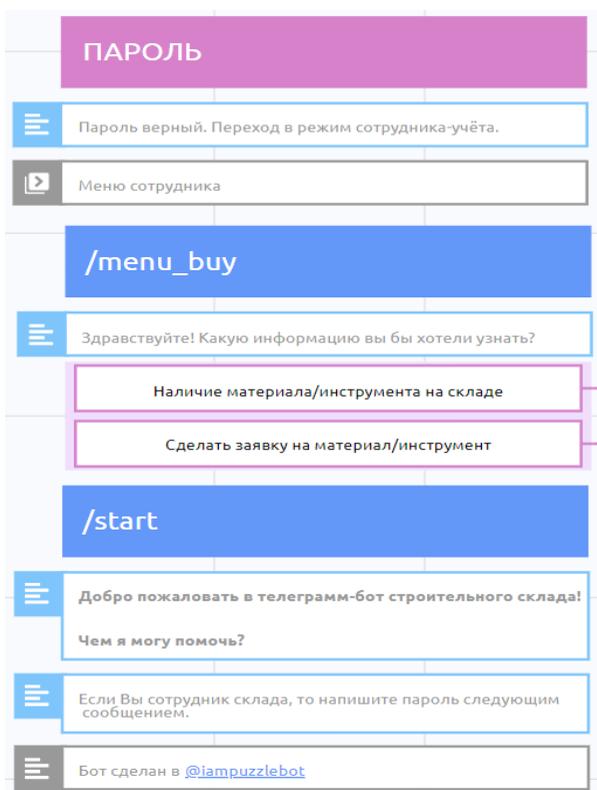


Рисунок 1 – Структура чат-бота

На рисунке 1 представлены блоки «Пароль», «/menu_buy», «/start»

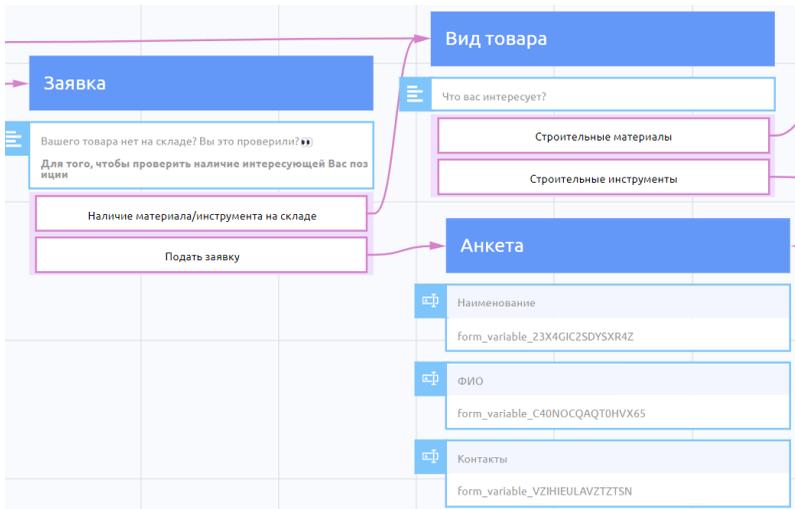


Рисунок 2 – Структура чат-бота

На рисунке 2 представлены блоки «Заявка» (связан с блоком «/menu_buy»), «Вид товара» (связан с блоком «/menu_buy»), «Анкета».

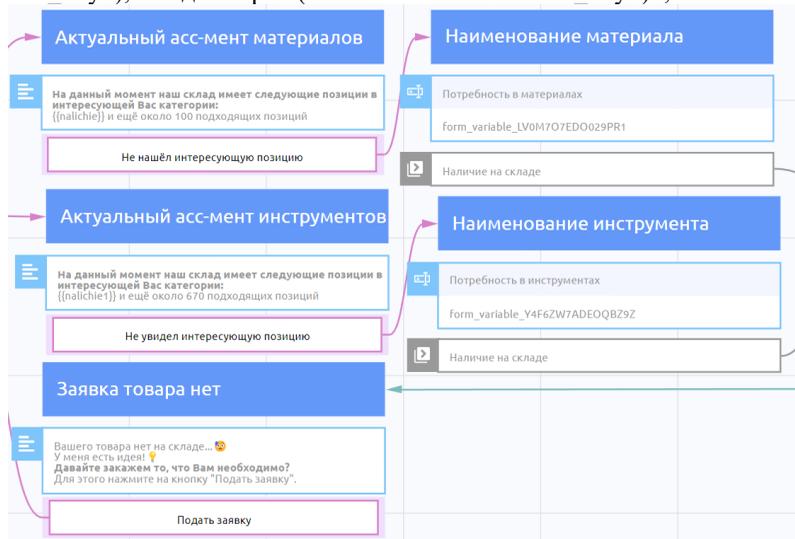


Рисунок 3 – Структура чат-бота

На рисунке 3 представлены блоки «Актуальный ассортимент материалов» (связан с блоком «Вид товара»), «Актуальный ассортимент инструментов» (связан с блоком «Вид товара»), «Заявка товара нет» (связан с блоком «Анкета»).

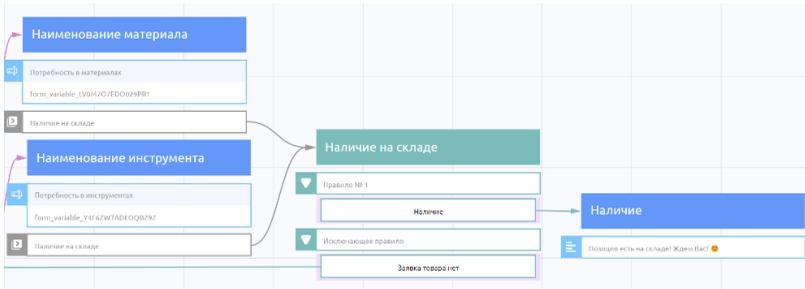


Рисунок 4 – Структура чат-бота

На рисунке 4 представлены блоки «Наименование материала» (связан с блоком «Актуальный ассортимент материалов»), «Наименование инструмента» (связан с блоком «Актуальный ассортимент инструментов»), «Наличие на складе» (связан с блоком «Заявка товара нет»), «Наличие». Есть два варианта взаимодействия с чат-ботом в зависимости от того, кто обращается. Таким образом была создана защита от внесения значений в базу данных склада посторонними людьми, а также сотрудниками, которые не должны иметь доступ к внесению изменений.

Для работы с чат-ботом также была создана база-данных на платформе Google Таблицы [9]. Таблица с данными представлена на рисунке 5.

The screenshot shows a Google Sheets spreadsheet with the following data:

1	Наименование	Вид	Кол-во
2	Кирпич строительный	Материал	1000 шт
3	Цемент	Материал	2000 кг
4	Песок строительный	Материал	5000 кг
5	Щебень строительный	Материал	10000 кг
6	Бетон готовая смесь	Материал	100 куб. м
7	Арматура стальная	Материал	5000 кг
8	Проволока стальная	Материал	2000 кг
9	Доска обрешечная	Материал	2000 шт
10	Брус строительный	Материал	1000 шт
11	Пиломатериалы	Материал	5000 шт
12	Гвозди строительные	Материал	10000 кг

Рисунок 5 – Таблица с базой данных

При вводе верного пароля, сотрудник-учёта может перейти в «Меню сотрудника» и внести изменения в базу-данных склада.

Добавить новые данные или произвести перерасчёт материалов и инструментов и внести изменения в количество.

Блок «/start» необходим для начала работы с чат-ботом. Блок «/menu_buy» отвечает за основной функционал.

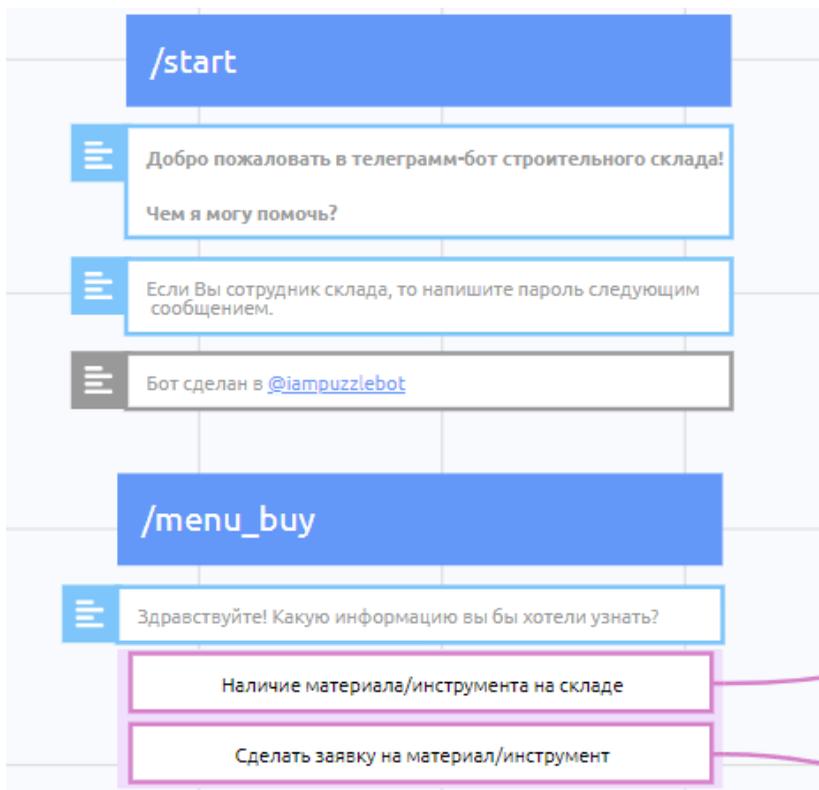


Рисунок 6 – Блоки «/start» и «/menu_buy»

В зависимости от выбора пользователя будут предоставлены различные ответы. Это можно увидеть на рисунке 7.

Рассмотрим полный цикл работы чат-бота на примере проверки наличия материала или инструмента на складе. За данное действие отвечает кнопка «Наличие материала/инструмента на складе».

Если необходимый материал и/или инструмент не был найден на складе, то чат-бот переходит к блоку «Заявка товара нет» и предложит пользователю отправить заявку в отдел закупки.

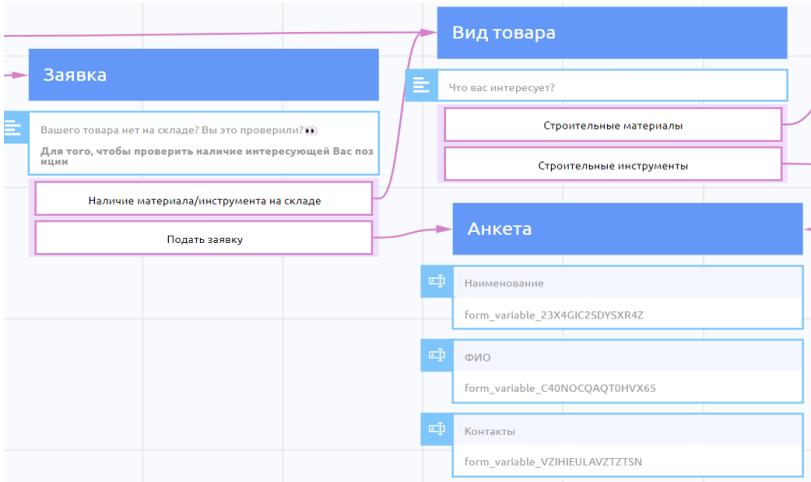


Рисунок 7 – Варианты взаимодействия

Рассмотрев полный цикл работы кнопки «Наличие материала/инструмента» чат-бота в режиме Конструктора ранее, рассмотрим работу чат-бота со стороны пользователя. На рисунках 8-14 представлен функционал чат-бот со стороны пользователя.



Рисунок 8 – Начало работы пользователя с чат-ботом

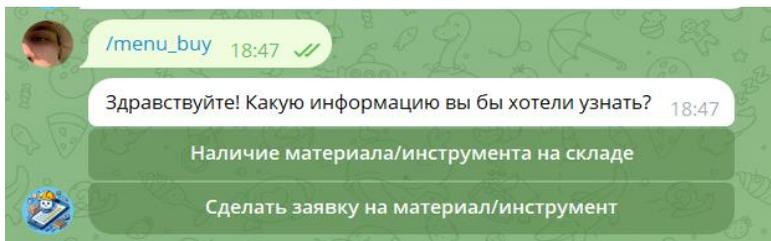


Рисунок 9 – Меню пользователя

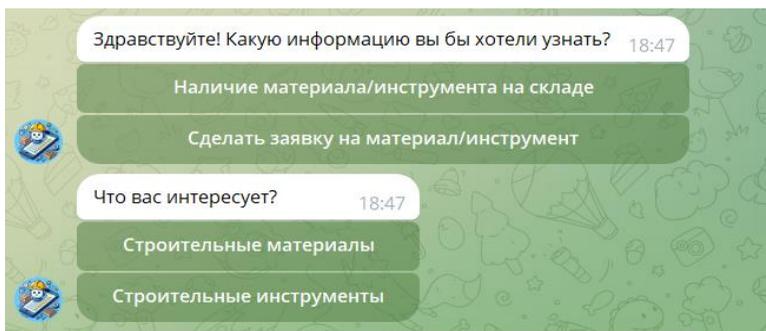


Рисунок 10 – Сценарий работы кнопки «Наличие материала/инструмента на складе»

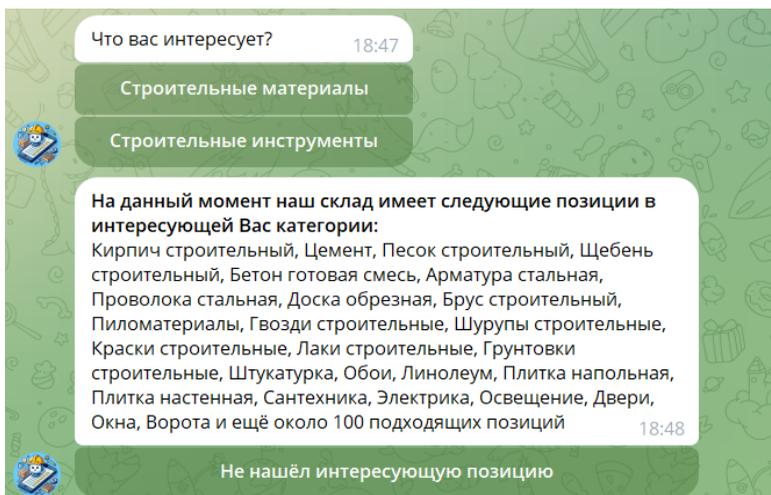


Рисунок 11 – Сценарий работы кнопки «Строительные материал»



Рисунок 12 – Сценарий работы кнопки «Не нашёл интересующую позицию»

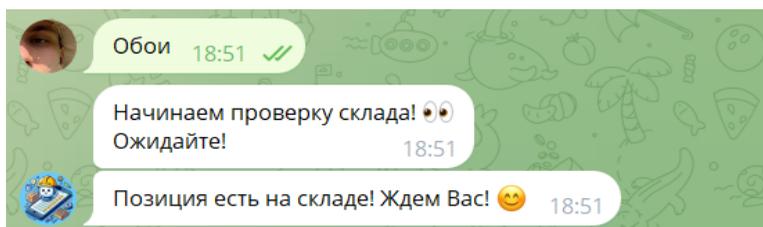


Рисунок 13 – Пользователь ввёл материал, который есть на складе

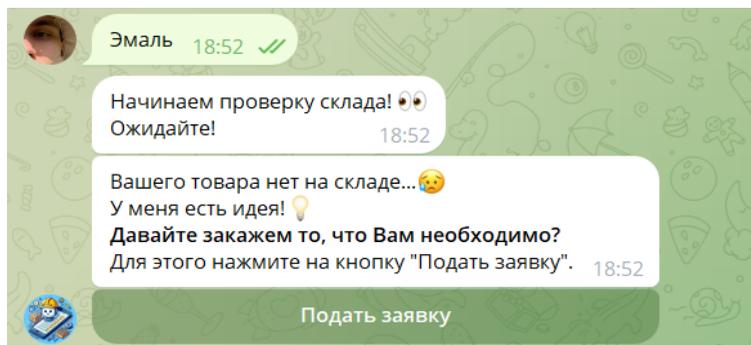


Рисунок 14 – Пользователь ввёл материал, которого нет на складе

Применение чат-бота в мессенджере Telegram представляет собой эффективное решение для автоматизации учета материалов и инструментов на при объектном складе.

Этот инструмент позволяет удобно, оперативно и эффективно управлять складским хозяйством [9], что в конечном итоге приводит к сокращению трудозатрат персонала строительной площадки.

Преимущества использования чат-бота в Telegram в рамках строительного процесса влияют и на сокращение сроков строительства.

Чат-бот позволяет оперативно оформлять заказы на материалы и инструменты, что в свою очередь снижает время ожидания поставок на строительном объекте.

Кроме того, чат-бот обеспечивает повышенную точность учета материалов и инструментов, что сокращает риск возникновения ошибок и простоев в ходе строительных работ.

Важным аспектом также является улучшение контроля за расходами благодаря возможности чат-бота отслеживать затраты на материальные ресурсы и инструментарий, что способствует более эффективному управлению финансовыми ресурсами в процессе строительства [10-16].

Библиографический список

1. *Декалюк А.О.*, научная статья «СФЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАТ-БОТОВ» [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sfery-ispolzovaniya-chat-botov>
2. *Демиденко О.В.*, научная статья «Оптимизация размера резерва материалов при возведении объектов строительства» [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-razmera-rezerva-materialov-pri-vozhedenii-obektov-stroitelstva>
3. *Зеленцов Л.Б., Островский К.Н., Зеленцов А.Л.*, научная статья «Разработка web-приложения подсистемы оперативного управления объектом строительства» [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-web-prilozheniya-podsystemy-operativnogo-upravleniya-obektom-stroitelstva>
4. Производственная компания «МОСТЕНТ», статья «Приобъектное складирование материалов» [Электронный ресурс] URL: <https://www.mostent.ru/priobektnye-sklady.html> (дата обращения: 16.12.2023).
5. База знаний PuzzleBot, / Форма ввода [Электронный ресурс] URL: <https://help.puzzlebot.top/article?r=5&a=32> (дата обращения 12.12.2023).
6. База знаний PuzzleBot, статья «Инлайн команда» [Электронный ресурс] URL: <https://help.puzzlebot.top/article?r=5&a=82> (дата обращения 12.12.2023)
7. База знаний PuzzleBot, статья «Как ограничить доступ к группе команд (приватные команды)» [Электронный ресурс] URL: <https://help.puzzlebot.top/article?r=5&a=26> (дата обращения 11.12.2023).
8. База знаний PuzzleBot, / Обзор раздела Конструктор. [Электронный ресурс] URL: <https://help.puzzlebot.top/article?r=5&a=59> (дата обращения 10.12.2023).
9. *Воронина О.В.*, Облачные вычисления как инструменты решения аналитических задач. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oblachnye-vychisleniya-kak-instrumenty-resheniya-analiticheskikh-zadach>
10. *Байддыбекова С.К.* «Совершенствование организации учета, контроля и управления запасами на предприятиях» [Электронный ресурс] URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-organizatsii-ucheta-kontrolya-i-upravleniya-zapasami-na-predpriyatiyah>

11. Кулеш А.А. «Управление строительством: оптимизация процессов и ресурсов на промышленных объектах» [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-stroitelstvom-optimizatsiya-protsessov-i-resursov-na-promyshlennyh-obektah>

12. Гаряев Н.А., Рыбакова А.О. Облачные технологии взаимодействия при проектировании и строительстве. БСТ: Бюллетень строительной техники. 2018. № 4 (1004). С. 28-31.

13. Гаряева В.В., Гаряев Н.А. Технологии виртуальной реальности в строительстве. В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. Сборник материалов семинара, проводимого в рамках VI Международной научной конференции. 2018. С. 43-46.

14. Гаряев Н.А., Рыбина А.В. Имитационная модель материально-технического обеспечения строительных объектов. / Системные технологии. 2018. № 1.С. 142-150.

15. Рыбина А.В., Гаряева В.В. Анализ эффективности применения программ моделирования 3d-объектов в строительном проектировании. Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 5. С. 246-249.

16. Garyaeva V. Formation of competitive skills of civil engineers in the field of BIM technologies. В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 01077.

**Секция
«Сопротивление материалов»**

*Азаров А.А., аспирант группы 4-1 АСПа
Научный руководитель –
проф., д-р физ.-мат. наук А.Л. Попов*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ

Одним из современных требований повышения надёжности и остаточного ресурса технических объектов является определение допустимых величин трещиноподобных дефектов, зон и уровней концентрации напряжений.

При этом желательно, чтобы соответствующая диагностика выполнялась непосредственно в процессе эксплуатации технического объекта.

В то же время, в связи с широким использованием разного рода покрытий визуальный контроль таких дефектов становится затруднительным, не говоря уже о контроле за изменением внутренней микроструктуры материалов, уровнями остаточного и накопленного в процессе эксплуатации НДС. Сами покрытия, в особенности, содержащие более одного слоя, могут иметь в процессе эксплуатации тенденции к расслоениям и отслоениям от подложки. Электронная спекл-интерферометрическая методика оказалась наиболее оперативной методикой измерения остаточных напряжений [1–3].

Ультразвуковая диагностика является общепризнанным методом определения дефектов в конструкциях [4,5]. Выполнена сборка и тестирование оптико-акустического испытательного стенда.

В акустическую часть стенда входят контактные возбудители колебаний: ударный молоток AU02 с датчиком силы AC21 и несколькими насадками, шарики из закалённой стали разных диаметров и масс, вибровозбудитель Роботрон 11075, бесконтактные электромагнитные возбудители вибрации (изготовлены исполнителями проекта), высокоточный генератор сигналов ГЗ-122, усилитель Verstarker LV 103, частотомер ЧЗ-63, направленные микрофоны типа BSWA MA231 с равномерной частотной характеристикой в звуковом диапазоне частот и достаточной осевой чувствительностью для выделения дискретных составляющих сигнала в диапазоне до 50 кГц, соединяемые с двух, либо четырёхканальным спектроанализатором A19-U2, A17-U4 и через них, - с ЭВМ.

На рисунке 1 представлена аппаратура акустической части стенда, предназначенная для возбуждения и регистрации колебаний образцов.

Оптическая часть оптико-акустического стенда представлена спекл-интерферометром, собранном по модифицированной схеме Майкельсона в составе твердотельного одночастотного термостабилизированного лазера LCM-S-111, 10-ти мегапиксельной камеры AV10115DN, полупрозрачного зеркала, установленного под углом 45° к направлениям падающих и отражённых лучей, стеклянных пластинок с диффузионно отражающими

поверхностями, закрепленных на кубике с отверстиями, а также лазерного триангуляционного датчика РФ603.



Рисунок 1. Акустическая часть оптико-акустического стенда: а - ударный молоток, б - груз (шарик) на подвесах, с - аппаратный блок: 1 - усилитель LV 103, 2 - частотомер ЧЗ-63, 3 - вибровозбудитель Рототрон 11075, 4 – генератор звука ГЗ-122, d - микрофоны, соединенные со спектроанализатором А19-У2

При закреплении образцов предусмотрена возможность параллельного съема акустической и спекл-интерферометрической информации.

На рисунке 2б показан бесконтактный электромагнитный возбудитель вибраций образца, на рисунке 2а показана пластина из алюминиевого сплава в форме кардиоиды толщиной $h = 0.2$ мм.

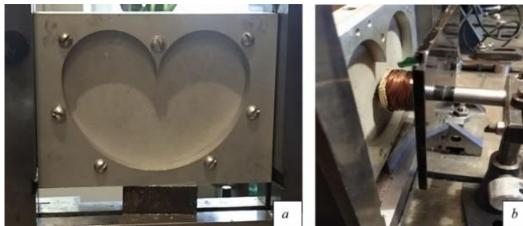


Рисунок. 2. Тестовый образец в форме пластины-кардиоиды: общий вид (а), расположение возбудителя колебаний (б)

По контуру пластина была зажата 7-ю винтами в толстую металлическую оправку. Так как теоретическая модель колебаний такой пластины до настоящего времени не разработана, то первая резонансная частота (899 Гц) её изгибных колебаний была подобрана с помощью генератора звука ГЗ-122 по максимальной амплитуде звукоизлучения, фиксируемой через микрофон и спектроанализатор. На рисунке 3а представлена фотография спекл-интерферограммы формы резонансных поперечных колебаний пластины – кардиоиды на первой собственной частоте – 899 Гц.

Характерным дефектом, возникающим при вибрации конструкций, является локальное ослабление её закрепления. Здесь такой дефект моделировался снижением затяжки двух рядом стоящих (внизу справа)

винтов крепления пластины. Это, с одной стороны, вызывало снижение резонансной частоты колебаний пластины, а с другой, - искажение системы интерференционных полос в окрестности заделки. В данном случае частота снизилась до 875 Гц, а спекл-интерферограмма исказилась так, что на ней появился «флюс», указывающий на место ослабления заделки.

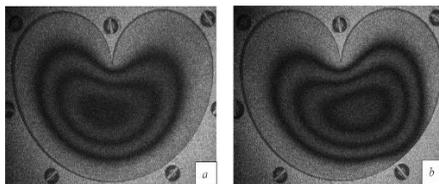


Рисунок 3. Спекл-интерферограмма первой формы колебаний пластины в форме кардиоиды: а - при полной затяжке всех винтов крепления контура, б - при ослабленной затяжке двух винтов заделки

На рисунке 3б показана эта интерферограмма. По приведённым признакам можно контролировать как степень локального ослабления граничных условий, так и степень «залечивания» дефекта путём затягивания ослабленных винтов в заделке.

Соответствующая интерферограмма после затяжки ослабленных винтов мало отличается от изображённой на рисунке 3а. Однако она была получена не при частоте 899 Гц, а при 910 Гц, что свидетельствует о перетяжке слабо затянутых винтов в заделке по сравнению с исходным уровнем. Аналогичная диагностика и определение степени залечивания дефектов производилась и в случае создания нескольких дефектов такого типа.

Библиографический список

1. Чернышев Г.Н. Остаточные напряжения в деформируемых твердых телах / Г.Н. Чернышев, А.Л. Попов, В.М. Козинцев, И.И. Пономарев; М.: Наука, Физматлит. 1996. –240 с.
2. Попов А.Л., Козинцев В.М., Челюбеев Д.А. Левитин А.Л. Метод отверстия в диагностике остаточных напряжений // Прикладная математика и механика. 2021. Т. 85, № 2. С. 210–238.
3. Schajer G. S. Hole-drilling residual stress measurements at 75: origins, advances, opportunities // Experimental Mechanics. 2010. Vol. 50, no. 2. P. 245–253.
4. Клюев В.В. Неразрушающий контроль. Справочник в 8 томах. Том 1. Книга 1. Визуальный и измерительный контроль / В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин; М.: Машиностроение, 2008. – 323 с.
5. Квартальнов С. В. Акустические методы контроля строительных конструкций. Метод акустической эмиссии // Аллея науки. 2018. Т. 1, № 11(27). С. 810–813.

*Голобоков О.С., аспирант 1 курса ИПМех РАН
Научный руководитель –
проф., д-р физ.-мат. наук А.Л. Попов*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА КОНТАКТНОГО ТРЕНИЯ ПРИ ОСЕВОМ СЖАТИИ ЦИЛИНДРА

Рассмотрен упругий цилиндр, подвергающийся осевому сжатию с помощью жестких пластин, примыкающих к торцам цилиндра. Считается, что торцы цилиндра не смещаются по отношению к соответствующим сжимающим пластинам. В то же время, по контурам стыков торцов цилиндра с пластинами считается выполненным условие Кулоновского трения. Тем самым, наряду с решением задачи о напряженно-деформированном состоянии цилиндрического блока, скрепленного с сжимающими пластинами, определяется также минимальный коэффициент трения, предотвращающий расползание блока по контактными торцам.

Ключевые слова: упругий цилиндр, осевое сжатие, контакт без проскальзывания, минимальный коэффициент трения.

Упругие слои, в частности, резиновые диски и кольца широко используются в промышленности в качестве прокладок, герметизации, демпферов для различных механизмов. Свойства материала упругих слоев, часто характеризуются одноосным сжатием в процессе эксплуатации между двумя параллельными пластинами.

Анализ поведения упругих слоев при сжатии был сосредоточен ранее на почти несжимаемых материалах, таких как резина, где для простоты были приняты эмпирические предположения о характере смещений. Решения при этом строятся методом усреднённого равновесия [1-3]. Для сжимаемых материалов решения, полученные этим методом, удовлетворительно описывают поля перемещений, но не совсем точны для определения напряжений, тогда как решения, полученные методом разложения в ряд или с помощью интегральных уравнений, значительно усложнены [4-6].

Как правило, рассматриваются модели, в которых упругие прокладки считаются полностью приклеенными к, сжимающим их, жестким пластинам, т.е. принимается отсутствие проскальзывания на границе упругого слоя и пластины. Основная проблема здесь в том, чтобы точно соотнести нагрузку и измерения смещения с собственными упругими свойствами материала – модулем Юнга и коэффициентом Пуассона, а также с коэффициентом трения торцов по сжимающим пластинам, присутствующих в реальных условиях эксплуатации. Следовательно, необходимо простое аналитическое решение для упругих слоев при одноосном сжатии. Такое решение послужит основой для анализа надежности и отказов тогда, когда упругие слои подвергаются постоянному или циклическому сжатию во время работы. Поиск такого решения

продолжается уже несколько десятилетий, как экспериментально, так и теоретически для различных параметров геометрии слоёв.

В [1] была предложена функция напряжений, чтобы найти решение для резиновых дисков при произвольных граничных условиях. Вместо сложной функции напряжения, выраженной через бесконечную систему алгебраических уравнений, были предложены приближенные решения, к примеру, - решение Гента [2-3], с помощью которых было получено удовлетворительное решение в случае несжимаемого материала диска при условии, что радиус диска много больше его высоты. В этом случае оказалось оправданным предположение о том, что боковая стенка упругого диска деформируется по параболе. Точные решения задачи сжатия упругих цилиндров были получены в [4], где были удовлетворены граничные условия на свободных гранях. Однако эти решения, связанные с бесконечными рядами функций Бесселя и тригонометрических функций, неудобны для расчетов. Используя другой подход - метод динамической релаксации, основанный на анализе конечных разностей, в [5] получено численное распределение напряжения в круглых резиновых прокладках, подвергающихся равномерному сжатию.

Ниже представлено решение задачи о напряженно-деформированном состоянии сжатого цилиндрического диска, скрепленного с сжимающими пластинами, дополненное определением минимального коэффициента трения, предотвращающего расползание блока по контактным торцам.

Упругий диск с радиусом a и высотой h , моделируется как линейно-упруго-сжимаемый материал с модулем Юнга E и коэффициентом Пуассона ν . При этом есть некоторая зона неподвижности цилиндра радиусом b , при котором сохраняется условие, что касательные напряжения меньше, чем нормальные. Предполагается, что торцы диска идеально соединены с жесткими пластинами. Расчетная схема представлена на рис.1. Считается, что осевая сжимающая нагрузка создает вертикальное смещение w_0 верхнего торца.

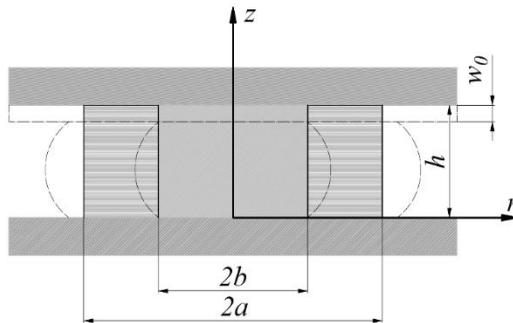


Рисунок 1 - Схема сплошного диска с некоторым трением на торцах

Задача при такой расчетной схеме может быть решена в осесимметричной постановке, в перемещениях. Используем для этого уравнения Навье-Коши, которые в осесимметричном случае имеют вид:

$$(1-\nu)\left(\frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u_r}{\partial r} - \frac{u_r}{r^2}\right) + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 u_z}{\partial r^2} + \frac{1-2\nu}{2}\frac{\partial^2 u_r}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

$$(1-\nu)\frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 u_r}{\partial r \partial z} + \frac{1}{r}\frac{\partial u_r}{\partial z}\right) + \frac{1-2\nu}{2}\left(\frac{\partial^2 u_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u_z}{\partial r}\right) = 0 \quad (2)$$

где u_r, u_z обозначают перемещения в радиальном и осевом направлениях; ввиду осевой симметрии, u_r, u_z являются функциям только r и z .

Предположим, что зоны неподвижности торцов распространяются вплоть до контура боковой поверхности цилиндра. Поскольку в этом случае сплошной диск прикреплен к пластинам и не подвергается никаким воздействиям на боковой поверхности, задаются следующие граничные условия:

$$\begin{aligned} z=0: \quad u_r = u_z = 0, \quad \sigma_r(a,0)\mu + \tau_{rz}(a,0) = 0, \\ z=h: \quad u_r = 0, \quad u_z = -w_1, \quad \sigma_r(a,h)\mu + \tau_{rz}(a,h) = 0, \\ r=a: \quad \sigma_r = \tau_{rz} = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Профиль радиального смещения по высоте цилиндра ищем в виде:

$$u_r(r, z) = F(r)G(z) \quad (4)$$

Учитывая граничные условия (2), (3) и зеркальную симметрию относительно $z = h/2$, получаем граничные условия для $G(z)$:

$$G(0) = G(h) = G'(h/2) = 0, \quad G'(0) = -G'(h). \quad (5)$$

Подставив выражение (4) в (1) и интегрируя полученное уравнение по r и z , приходим к следующему представлению для функции осевого перемещения u_z :

$$u_z = -2\left[(1-\nu)\left(F' + \frac{F}{r}\right)\right]_0^r \int_0^z G d\eta + \frac{1-2\nu}{2} G' \left[z \int_0^r F d\xi \right] + M(z) + N(r), \quad (6)$$

где $M(z)$ и $N(r)$ определяются из граничных условий (3): $N(r) = 0, M(0) = 0$,

$$(1-\nu)\left(F' + \frac{F}{r}\right)\left[r \int_0^z G d\eta + \frac{1-2\nu}{2} G' \left[z \int_0^r F d\xi \right] \right] = \text{const}. \quad (7)$$

Константа в правой части должна быть равна нулю, так как левая часть уравнения (7) равна нулю, когда $r=0$. В результате, $\mathbf{M}(\mathbf{h})$ может быть только $-\mathbf{w}_0$ и если взять производную с обеих сторон тогда уравнение (7) становится:

$$F'' + \frac{F'}{r} - \frac{F}{r^2} = \frac{\alpha^2}{h^2} F \quad (8)$$

Общее решение дифференциального уравнения (8) может быть выражено через модифицированные функции Бесселя первого и второго рода. В результате получим:

$$u_z = -2 \left[(1-\nu) \frac{\alpha^2}{h^2} \int_0^z G d\eta + \frac{1-2\nu}{2} G' \right] \int_0^r I_1(\alpha \xi / h) d\xi + M(z) \quad (9)$$

$$G''' + 2 \frac{\alpha^2}{h^2} G' + \frac{\alpha^4}{h^4} \int_0^z G d\eta = \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \frac{\alpha^2}{h^2} G'(0), \quad (10)$$

$$M'' + 2 \left[(1-\nu) \frac{\alpha}{h} G' + \frac{h(1-2\nu)}{\alpha} G''' \right] = 0, \quad M(0) = 0, \quad M(h) = -w_0. \quad (11)$$

Уравнение (10) сводится к обыкновенному дифференциальному уравнению, из которого находится $G(z)$, затем из (11) выражается $M(z)$. Исходя из граничных условий (5) для $G(z)$, получаем систему уравнений, после чего с учетом граничных условий выражения радиального и осевого смещения запишутся в виде:

$$u_r = A_1 G_+ I_1(\alpha r / h); \quad (12)$$

$$u_z = A_1 \operatorname{ctg}(\alpha / 2) G_- I_0(\alpha r / h) - w_0 z / h.$$

Выражения для напряжений тогда будут:

$$\begin{aligned} \sigma_r &= \frac{\nu E m_0}{(1+\nu)(1-2\nu)} \left[\frac{\alpha \nu}{2Q_1} \operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) I_0\left(\frac{\alpha r}{h}\right) g_1(z) - \frac{3-4\nu}{4Q_1} I_1\left(\frac{\alpha r}{h}\right) \frac{h}{r} G_{\pm} - 1 \right]; \\ \sigma_\theta &= \frac{\nu E m_0}{(1+\nu)(1-2\nu)} \left[\frac{\alpha \nu}{2Q_1} \operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) I_0\left(\frac{\alpha r}{h}\right) g_2(z) - \frac{3-4\nu}{4Q_1} I_1\left(\frac{\alpha r}{h}\right) \frac{h}{r} G_{\pm} - 1 \right] \\ (13) \quad \sigma_z &= \frac{(1-\nu) E m_0}{(1+\nu)(1-2\nu)} \left[\frac{\alpha \nu}{2Q_1} \operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) I_0\left(\frac{\alpha r}{h}\right) g_3(z) - 1 \right]; \\ \tau_{rz} &= \frac{\alpha \nu (1-\nu) E m_0}{2(1+\nu)(1-2\nu) Q_1} I_1\left(\frac{\alpha r}{h}\right) g_4(z), \end{aligned}$$

Дополнительно рассмотрено выполнение граничных условий:

$$\text{при } z=0, h: \quad r=a: \quad \sigma_r \mu + \tau_{rz} = 0.$$

Расчёты проводились в программном комплексе Matlab. Использовались следующие механические характеристики: $E=800$ МПа, $\nu=0.2\dots 0.5$, $w_0=0,01$ мм. Геометрические характеристики брались из соотношений высоты к радиусу от $1/8$ до 1 .

Результаты для разных геометрических и механических параметров приведены в виде графиков на рисунке 2 и рисунке 3.

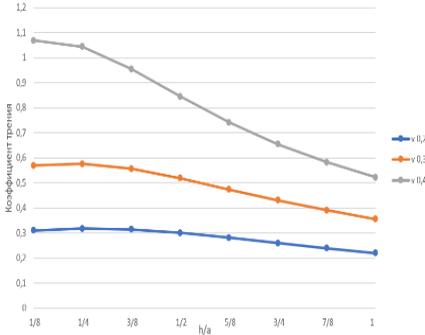


Рисунок 2 - График зависимости минимального коэффициента трения с фактором формы

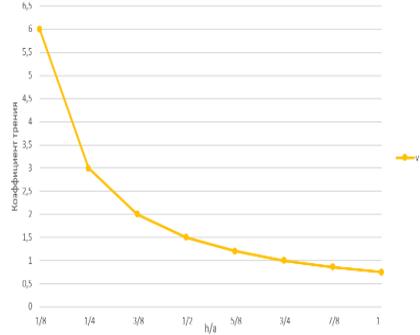


Рисунок 3 - График зависимости минимального коэффициента трения с фактором формы

Полученные графики показывают значения минимального коэффициента трения для разных сочетаний радиусов и высот цилиндра, при превышении которых торцы цилиндра начинают расплзаться.

Библиографический список

1. *Al-Chalabi M., Huang C.* Stress distribution within circular cylinders in compression // *Int. J. Rock Mech, Mining Sci. Geomech, Abstr.* 1974. P. 45-56.
2. *Gent A., Lindley P.*, 1959. The compression of bonded rubber blocks. *Proc. Inst.Mech. Eng.* 173, 111–122.
3. *Gent A.N., Meinecke, E.A.*, 1970. Compression, bending, and shear of bonded rubberblocks. *Polym. Eng. Sci.* 10, 48–53.
4. *Kelly J.M.*, 1997. *Earthquake Resistant Design with Rubber*. 2nd Edn., Springer-Verlag, New York. 194.
5. *Holownia B.P.* 1972. Effect of Poisson's ratio on bonded rubber blocks. *Journal of Strain Analysis.* P 236 – 242.
6. *Pinarbasi S., Mengi Y., Akyuz U.*, 2008. Compression of solid and annular circular discs bonded to rigid surfaces. *Int. J. Solids Struct.* 45, 4543–4561.

Катаева Л.Е., студентка магистратуры 2 курса 315 группы ИЦТМС
 Научный руководитель –
 проф., д-р техн. наук **О.В. Мкртычев**

СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ С ДЕМПФИРУЮЩИМИ УСТРОЙСТВАМИ

Примерно 20% территории России находится в зоне повышенной сейсмической активности. Самыми опасными регионами в отношении землетрясений считаются Камчатка, Сахалин, Курильские острова, Иркутская область, Кавказ, а также побережье Черного и Каспийского морей. В этих районах проживает примерно 35% населения России. Землетрясения наносят значительный ущерб и основным способом уменьшения этого ущерба является введение на стадии проектирования объекта требуемых антисейсмических мероприятий.

Среди наиболее важных передовых методов сейсмостойкого проектирования и строительства можно выделить [1]:

- а) устройства поглощения колебаний здания настраиваемыми масс-инерционными гасителями;
- б) устройства диссипации энергии в здании;
- в) устройства сейсмической изоляции.

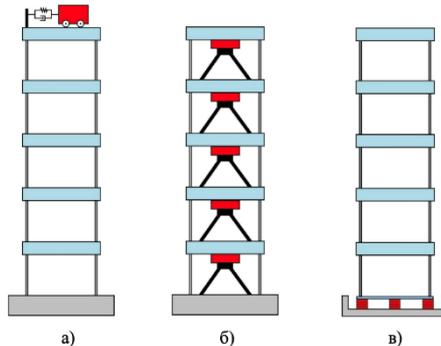


Рисунок 1 - Методы сейсмостойкого проектирования и строительства

Наиболее распространенным способом обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений, строящихся в сейсмических районах, является применение сейсмозащиты в виде сейсмоизоляции. На слайде представлены примеры таких устройств – это резинометаллические опоры, маятниковые скользящие опоры.

Сейсмоизоляция позволяет повысить сейсмостойкость благодаря снижению уровня инерционных сил, возникающих при землетрясении.

Для зданий повышенной этажности наиболее оптимальным методом является использование демпфирующих устройств, гасящих колебания конструкций. Имеющиеся данные по анализу последствий землетрясений свидетельствует об эффективности данного подхода.

При этом следует отметить, что вопросы разработки адекватных математических моделей и соответствующих методик расчета зданий с использованием данной технологии остаются недостаточно изученными [3].

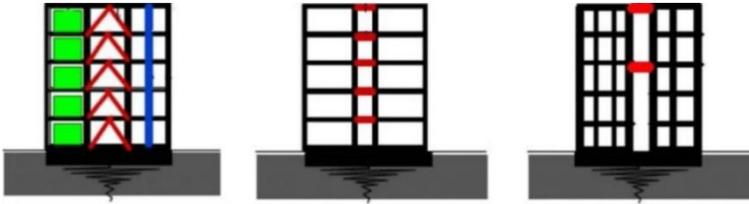


Рисунок 2 - Конструктивные решения сейсмозащиты с использованием демпфирующих устройств

На рисунке 3 показано количество зданий с разным демпфированием в Японии до 2015 года по данным опроса JSSI (by Japan Society of Seismic Isolation) [4].

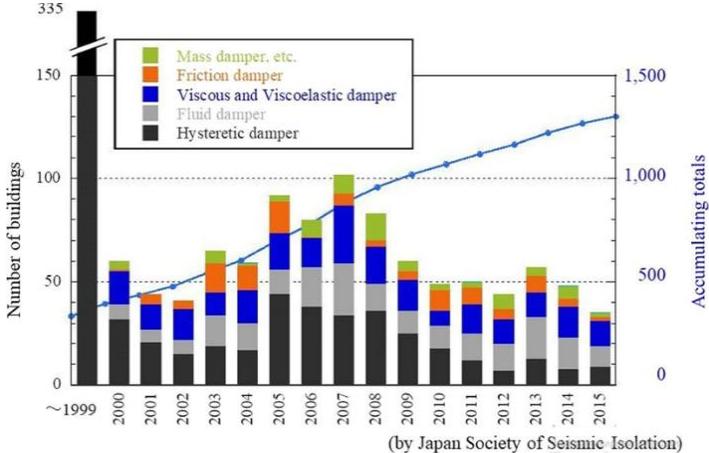


Рисунок 3 - Применение методов демпфирования в Японии

Одним из методов расчета зданий и сооружений на сейсмические воздействия являются прямые нелинейные динамические методы. Они могут быть двух видов, основанные на неявных и явных схемах интегрирования. Наиболее распространенная неявная схема – метод Ньюмарка, явная схема – метод центральных разностей.

Дифференциальные уравнения движения системы с конечным числом степеней свободы в матричной форме могут быть записаны в виде:

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = f^a, \quad (1)$$

где u – искомый вектор узловых перемещений;

\dot{u} – вектор узловых скоростей системы;

\ddot{u} – вектор узловых ускорений системы;

M – матрица масс системы;

C – матрица демпфирования;

K – матрица жесткости;

f^a – вектор нагрузок, действующих на систему.

При использовании метода Ньюмарка, реализующего неявную схему интегрирования, выражение (1) в момент времени t_{n+1} представляется в виде [1].

$$M\ddot{u}_{t+\Delta t} + C\dot{u}_{t+\Delta t} + Ku_{t+\Delta t} = f_{t+\Delta t}^a. \quad (2)$$

Разностная аппроксимация узловых ускорений \ddot{u} , скоростей \dot{u} и перемещений u имеет вид, соответственно:

$$\ddot{u}_{t+\Delta t} = \frac{1}{\alpha\Delta t^2}(u_{t+\Delta t} - u_t) - \frac{1}{\alpha\Delta t}\dot{u}_t - \left(\frac{1}{2\alpha} - 1\right)\ddot{u}_t, \quad (3)$$

$$\dot{u}_{t+\Delta t} = u_t - \Delta t(1 - \delta)\ddot{u}_t + \delta\Delta t\ddot{u}_{t+\Delta t}, \quad (4)$$

$$u_{t+\Delta t} = u_t + u_t\Delta t + \left[\left(\frac{1}{2} - \alpha\right)\ddot{u}_t + \alpha\ddot{u}_{t+\Delta t}\right]\Delta t^2, \quad (5)$$

где α и δ – параметры интегрирования.

Введем обозначения:

$$a_0 = \frac{1}{\alpha\Delta t^2}; a_1 = \frac{\delta}{\alpha\Delta t}; a_2 = \frac{1}{\alpha\Delta t}; a_3 = \frac{1}{2\alpha} - 1; a_4 = \frac{\delta}{\alpha} - 1; \\ a_5 = \frac{\Delta t}{2}\left(\frac{\delta}{\alpha} - 2\right); a_6 = \Delta t(1 - \delta); a_7 = \delta\Delta t. \quad (6)$$

Учитывая (3-5), для (2) получим:

$$(a_0M + a_1C + K)u_{t+\Delta t} = f_{t+\Delta t}^a + M(a_0u_t + a_2\dot{u}_t + a_3\ddot{u}_t) + \\ + C(a_1u_t + a_4\dot{u}_t + a_5\ddot{u}_t). \quad (7)$$

Обозначим:

$$\tilde{K} = a_0M + a_1C + K; \\ \tilde{f}_{t+\Delta t}^a = f_{t+\Delta t}^a + M(a_0u_t + a_2\dot{u}_t + a_3\ddot{u}_t) + C(a_1u_t + a_4\dot{u}_t + a_5\ddot{u}_t). \quad (8)$$

Тогда (7) примет вид:

$$\tilde{K}u_{t+\Delta t} = \tilde{f}_{t+\Delta t}^a. \quad (9)$$

Отсюда вектор узловых перемещений:

$$u_{t+\Delta t} = \tilde{K}^{-1} \tilde{f}_{t+\Delta t}^a. \quad (10)$$

Из (10) видно, что вычисление $u_{t+\Delta t}$ при решении задачи в линейной постановке сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений.

При решении задачи в нелинейной постановке (учет физической, геометрической нелинейностей) элементы матрицы K будут зависеть не только от свойств материала конструкций, но и от ее напряженно-деформированного состояния, т.е. от вектора перемещений u_t . Задача заметно усложняется и сводится к решению нелинейных алгебраических уравнений на каждом шаге интегрирования по времени [2].

В этом случае более эффективными становятся методы, реализующие явные схемы интегрирования уравнений движения системы. Например, в программном комплексе ANSYS/LS-DYNA при явном интегрировании применяется метод центральных разностей. Для определения перемещений вместо (2) используется выражение (1) с запаздыванием по времени:

$$M\ddot{u}_t + C\dot{u}_t + Ku_t = f_t^a. \quad (11)$$

Особенностью явных методов является то, что узловые ускорения a и скорости v вводятся в расчет в качестве неизвестных (в число узловых степеней свободы) и вычисляются напрямую, а не путем численного дифференцирования перемещений.

Явные методы используют рекуррентные соотношения, которые выражают перемещения, скорости и ускорения на данном шаге через их значения на предыдущих шагах.

Вектор ускорений:

$$a_t = M^{-1} (f_t^{ext} - f_t^{int}), \quad (12)$$

где f_t^{ext} – вектор внешних сил;

f_t^{int} – вектор внутренних сил.

В частном случае:

$$f_t^{int} = \sum \left(\int_{\Omega} B^T \sigma d\Omega + f_t^{cont} \right), \quad (13)$$

где B – матрица деформаций-перемещений;

σ – вектор напряжений;

f_t^{cont} – вектор контактных сил.

Векторы скоростей и перемещений на соответствующем шаге определяются следующим образом [2].

$$v_{t+\Delta t/2} = v_{t-\Delta t/2} + a_t \Delta t, \quad (14)$$

$$u_{t+\Delta t} = u_t + v_{t+\Delta t/2} \frac{\Delta t_t + \Delta t_{t+\Delta t}}{2}. \quad (15)$$

В случае использования диагональной матрицы масс удается вычислить обратную матрицу, упростив тем самым расчет и уменьшив время одной итерации. Отсюда видно, что явные методы не связаны с решением систем алгебраических уравнений. Наиболее трудоемкой операцией является вычисление вектора внутренних сил f_t^{int} , в котором учитываются все виды нелинейностей.

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие основные выводы:

Произведен анализ существующих методов сейсмозащиты строительных конструкций, используемых при землетрясении.

Проанализированы различные виды демпфирующих устройств, применяемых в зданиях повышенной этажности.

Проработаны основные подходы к расчету данных систем на основе прямых нелинейных динамических методов.

Рассмотрены области применения прямых нелинейных динамических методов, их преимущества, достоинства и недостатки, и сделан вывод о том, что наиболее эффективным является прямой нелинейный динамический метод, реализующий явную схему интегрирования, а именно – метод центральных разностей.

Эффективность сейсмозащиты в виде демпфирующих устройств в последующем будет исследована для системы с одной степенью свободы при использовании математического пакета Python.

Будет исследована эффективность сейсмозащиты на примере железобетонного здания повышенной этажности при различных конструктивных решениях (вариантах расстановки) демпфирующих устройств. Для проведения исследования будет использоваться многоцелевой программный комплекс ANSYS/LS-DYNA.

Библиографический список

1. *Мкртычев О.В.* Безопасность зданий и сооружений при сейсмических и аварийных воздействиях: монография / ГОУ ВПО Моск. гос. строит. унив-т. – М.: МГСУ, 2010. – 152 с.
2. *Мкртычев О.В., Мясникова Е.С.* Исследование реакции высотного здания на сейсмические воздействия // Строительная механика и расчет сооружений. – 2009. – № 1, с. 38–40.
3. *Поляков В.С., Килимник Л.Ш., Черкашин А.В.* Современные методы сейсмозащиты зданий. - М.: Стройиздат. 1989. 320 с.
4. Nakamura, Y., Okada, K. Review on seismic isolation and response control methods of buildings in Japan.

*Ли А.Г., студент 4 курса 101 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
доц., канд. техн. наук Н.А. Татусь*

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ КОСМИЧЕСКОГО ЛИФТА

Космический лифт – это концептуальная идея доставки грузов в космическое пространство. Лифт представляет собой тросовую систему, протянутую от поверхности Земли в космос, и будет использоваться для подъема грузов на орбиту. Космический лифт с Земли на сегодня неосуществим, но может стать важной концепцией для будущего развития космоса во второй половине 21 века [1].

Космический лифт станет по-настоящему многоцветной формой доступа в космос, что принесет с собой большие экономические выгоды. По оценкам экспертов по этому вопросу, космический лифт может снизить стоимость запуска до 250 долларов за килограмм (Брэдли, 2000). Это огромная экономия по сравнению с сегодняшними затратами на запуск, составляющая примерно 10 000 долларов за килограмм [2]. В качестве материала изготовления троса мы будем рассматривать современные композитные материалы, обладающие высокими прочностными характеристиками. Современные композитные материалы представляют собой сочетание различных волокон и матриц. Они обладают высокой прочностью, легкостью и стойкостью к коррозии. Среди таких материалов можно выделить углерод и арамид. Углеродные волокна обладают высокой прочностью на растяжение и модулем упругости, что делает их идеальным кандидатом для тросовой системы космического лифта. Однако, они обладают высокой стоимостью и сложностью обработки. Арамидные волокна обладают отличной прочностью, жесткостью и стойкостью к высоким температурам. Они также дешевле углеродных волокон и легче обрабатываются. Однако такие волокна могут быть подвержены коррозии и обладают меньшим модулем упругости.

Проанализируем материалы на пригодность для использования в качестве тросовой системы в параметре прочности конструкции. Для этого воспользуемся уравнением, которое покажет максимальное растягивающее напряжение в конструкции космического лифта:

$$T(R_g) = G \cdot M \cdot \rho \cdot \left[\frac{1}{R} - \frac{3}{2R_g} - \frac{R^2}{2(R_g)^3} \right] [1]$$

где G – гравитационная постоянная, M – масса планеты Земля, ρ – плотность материала, R – радиус Земли на экваторе, R_g – расстояние до геостационарной орбиты. Для примера возьмём сталь, плотность которой

составляет 7900 кг/м³. Из решения уравнения следует, что максимальное напряжение для стали будет составлять приблизительно 381 ГПа, что в 247 раз превышает предел прочности стали. Таким образом сталь как материал для троса в нашем случае не подходит. Давайте теперь проверим разновидность арамидного волокна - кевлар с плотностью 1450 кг/ м³ [2]. При такой плотности максимальное напряжение будет составлять порядка 70 ГПа, это значение более чем в 20 раз превышает предел прочности кевлара. Результат неудовлетворительный, однако намного лучше предыдущего. Также, проанализируем популярные на сегодняшний день углеродные нанотрубки, с плотностью 1400 кг/ м³. При такой плотности максимальное напряжение будет составлять 67 ГПа, с учётом того, что по некоторым данным предел прочности углеродных нанотрубок составляет 75 ГПа, можно сделать вывод, что у них есть большие шансы стать основным материалом для тросовой системы космического лифта. Однако на сегодняшний день максимальная длина углеродных нанотрубок составляет 18,5 см [3], что в масштабах проекта является крайне малым значением. В проведенных исследованиях мы рассмотрели лишь одну из многих проблем, связанных с построением космического лифта, но уже по ним можно сделать вывод, что композитные материалы обладают рядом преимуществ перед традиционными материалами. Композитные материалы имеют высокую прочность и легкость.

На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что использование современных композитных материалов является перспективным направлением для создания тросовой системы космического лифта. Несмотря на то, что некоторые из них могут иметь недостатки, все они обладают потенциалом для использования в данной области. Будущие исследования должны быть направлены на разработку новых композитных материалов и улучшение свойств уже существующих.

Библиографический список

1. Space Elevators. An Advanced Earth-Space Infrastructure for the New Millennium. Compiled by D.V. Smitherman, Jr. Marshall Space Flight Center, Huntsville, Alabama. August 2000.
2. Analysis of Space Elevator Technology Tyson M. Sparks University of Colorado, Boulder, Colorado, 80309. Spring 2014.
3. The physics of the space elevator/ P. K. Aravind Department of Physics, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, Massachusetts.
4. *Quintanilla, J.* (1990). "Microstructure and properties of random heterogeneous materials: a review of theoretical results". Polymer Engineering and Science.
5. *Кузьмин М.П., Кондратьев В.В., Кузьмина А.С., Бурдонов А.Е., Яя О. Рап.* Образование углеродных нанотрубок и микрокремнезема в ходе получения кристаллического кремния в трехфазных рудно-термических печах. 2021.

Маркова С.А., студентка 4-го курса 201 группы ИЦТМС
 Научный руководитель –
 м.н.с. НОЦ КМ им. Золотова А.Б. **С.Г. Саиян**

РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ НА ВЕТРОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Современная тенденция строительства направлена на увеличение высотности зданий и сооружений [1]. Одним из наиболее важных учитываемых факторов нагружения является ветровое воздействие, которое вносит существенный вклад в напряженно-деформированное состояние несущих конструкций зданий и сооружений при увеличении высотности [2]. Форма здания, а также конструктивные решения влияют на его возможность сопротивляться ветровым воздействиям. Существуют различные конструктивные схемы высотных зданий [3], наиболее часто применяемые представлены на рисунке 1.

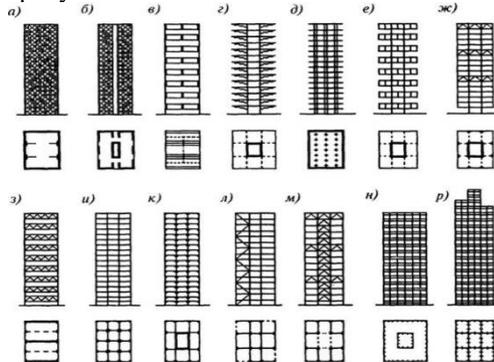


Рисунок 1 - Конструктивные схемы высотных зданий

Исследуется несколько различных конструктивных систем, с целью выявления оптимальной схемы на основе критерия наименьших перемещений конструкции. Рассмотрено три схемы (рисунок 1): б) - ствольную с параллельными несущими стенами, к) - каркасно-ствольную и г) – с консольными перекрытиями в уровне каждого этажа. Для расчета был принят второй ветровой район и тип местности В. Рассматриваемое здание имеет высоту 200 метров с поперечными размерами 40×40 метров. Высота этажа принята 3.125 метра.

Расчет ветровой нагрузки будет производиться в соответствии с СП20 [4]:

Нормативное значение ветрового давления: $w_0 = 0.03 \text{ т/м}^2$

Значения параметров K_{10} и α : $K_{10} = 0.65$, $\alpha = 0.2$

Аэродинамические коэффициенты давления: $C_p = 0.8$ для наветренной стороны и $C_e = -0.5$ для подветренной стороны

Коэффициент надежности для ветровой нагрузки: $\gamma_f = 1.4$

Нормативное значение основной ветровой нагрузки w состоит из суммы средней w_m и пульсационной w_p составляющих

$$w = w_m + w_p$$

Расчетное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки:

$$w_m \gamma_f = w_0 k(z_e) c \gamma_f$$

Коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для эквивалентной высоты:

$$k(z_e) = k_{10} \left(\frac{z_e}{10} \right)^{2\alpha}$$

Была определена эквивалентная высота z_e , в случае здания $200 \times 40 \times 40$ м высота больше двух поперечных размеров здания, следовательно, необходимо рассмотреть три участка:

$$h = 200 > 2d = 80$$

$$\text{Участок 1: } 0 < z \leq 40 \Rightarrow z_e = 40$$

$$\text{Участок 2: } 40 < z < 160 \Rightarrow z_e \in (40; 160)$$

$$\text{Участок 3: } z \geq 160 \Rightarrow z_e = 200$$

Расчетное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки на первом участке:

$$k(z_e = 40) = 0.65 \cdot \left(\frac{40}{10} \right)^{2 \cdot 0.2} = 1.132$$

$$w^+ = 0.03 \cdot 1.132 \cdot 0.8 \cdot 1.4 = 0.038 \text{ Т/м}^2$$

– для наветренной стороны

$$w^- = 0.03 \cdot 1.132 \cdot 0.5 \cdot 1.4 = 0.024 \text{ Т/м}^2$$

– для подветренной стороны

На данном участке значение задаваемой нагрузки будет постоянным для наветренной и подветренной стороны.

Расчетное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки на третьем участке:

$$k(z_e = 200) = 0.65 \cdot \left(\frac{200}{10} \right)^{2 \cdot 0.2} = 2.154$$

$$w^+ = 0.03 \cdot 2.154 \cdot 0.8 \cdot 1.4 = 0.072 \text{ Т/м}^2$$

– для наветренной стороны

$$w^- = 0.03 \cdot 2.154 \cdot 0.5 \cdot 1.4 = 0.05 \text{ Т/м}^2$$

– для подветренной стороны

На данном участке значение задаваемой нагрузки также будет постоянным для наветренной и подветренной стороны.

Было определено расчетное значение средней составляющей ветровой нагрузки на втором участке.

В этом случае нагрузка будет уже не постоянной, а меняется с высотой, т.к. на этом участке переменное значение эквивалентной высоты z_e .

Было выбрано четыре значения эквивалентной высоты и аналогично расчетам на первом и втором участке было получено:

$$\begin{array}{lll}
 z_e^1 = \overrightarrow{70} & k(z_e^1) = \overrightarrow{1.416} & w^+ = 0.0476 \text{ Т/М}^2, w^- = 0.0297 \text{ Т/М}^2 \\
 z_e^2 = \overrightarrow{100} & k(z_e^2) = \overrightarrow{1.633} & w^+ = 0.0548 \text{ Т/М}^2, w^- = 0.0343 \text{ Т/М}^2 \\
 z_e^3 = \overrightarrow{130} & k(z_e^3) = \overrightarrow{1.813} & w^+ = 0.0610 \text{ Т/М}^2, w^- = 0.0381 \text{ Т/М}^2 \\
 z_e^4 = 160 & k(z_e^4) = 1.970 & w^+ = 0.0662 \text{ Т/М}^2, w^- = 0.0414 \text{ Т/М}^2
 \end{array}$$

Далее в ПК ЛИРА-САПР было создано три расчетные схемы и приложены к ним одинаковым образом рассчитанные значения средней составляющей ветровой нагрузки (рисунок 2).

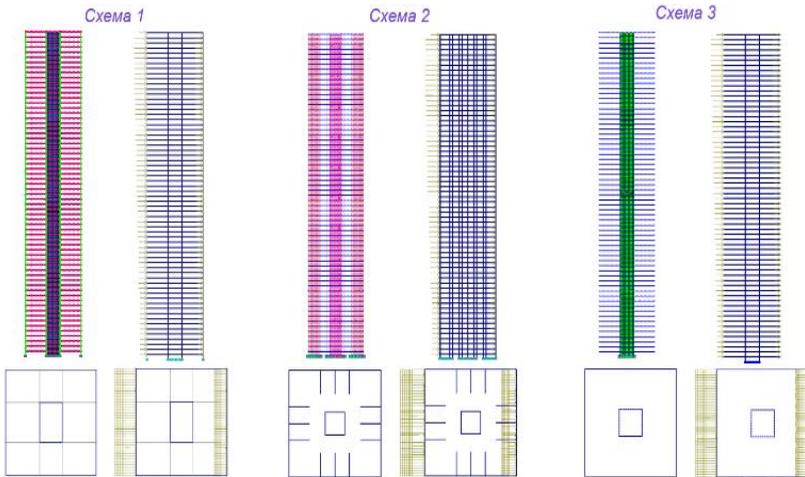


Рисунок 2 - Расчётные схемы и схемы, с приложенной нагрузкой

Для удобства задания средней ветровой нагрузки необходимо для каждой расчетной схемы создать фиктивные контурные балки (на уровне контура плиты перекрытия), на которые задаются ранее вычисленные значения средней ветровой нагрузки домноженные на высоту этажа 3.125м.

Пулсационную составляющую ветровой нагрузки (рисунок 3) формируем из масс от собственного веса и уже заданной средней составляющей ветровой нагрузки [5].

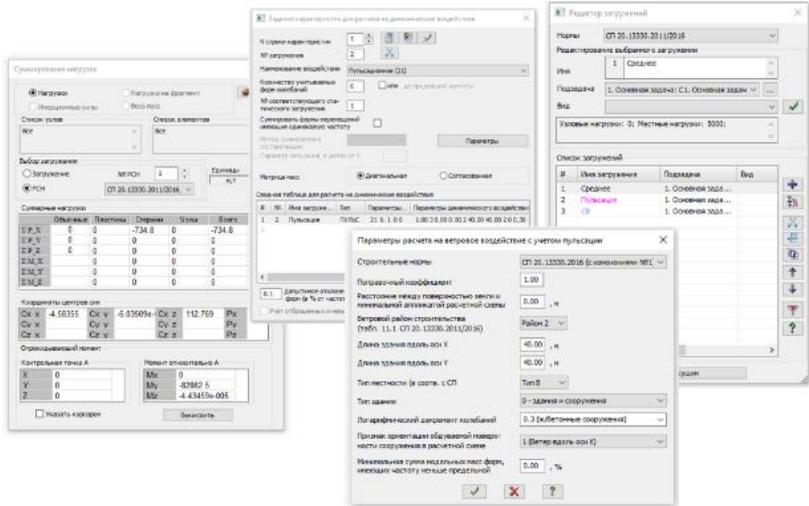


Рисунок 3 - Задание пульсационной составляющей ветровой нагрузки

Анализ результатов от средней составляющей ветровой нагрузки показал, что минимальное значение перемещений вдоль оси приложения нагрузки дает схема 1 – 14.2 см, значение по 2-ой схеме в 1.13 раз больше, а по 3-ей схеме в 2.9 раз больше, чем по 1-ой схеме (рисунок 4).

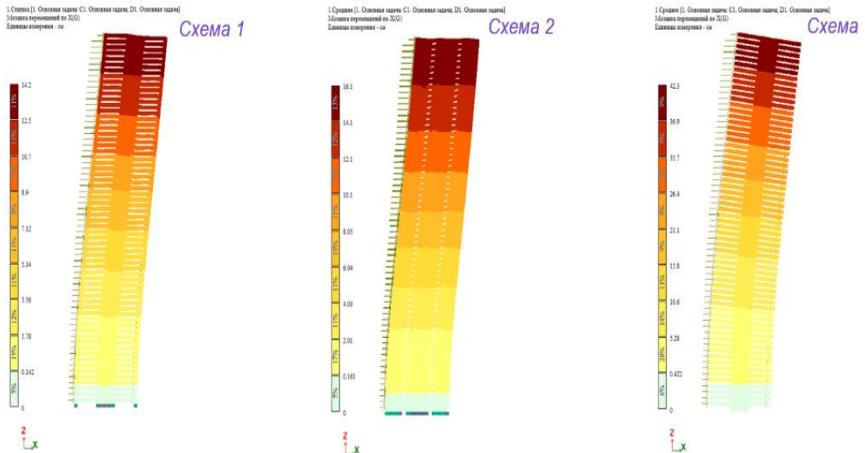


Рисунок 4. Перемещения конструкций от средней ветровой нагрузки

Анализ результатов от пульсационной составляющей ветровой нагрузки показал, что минимальное значение перемещений вдоль оси приложения

нагрузки дает схема 1 – 9.26 см, значение по 2-ой схеме в 1.14 раз больше, а по 3-ей схеме в 3.35 раз больше, чем по 1-ой схеме (рисунок 5).

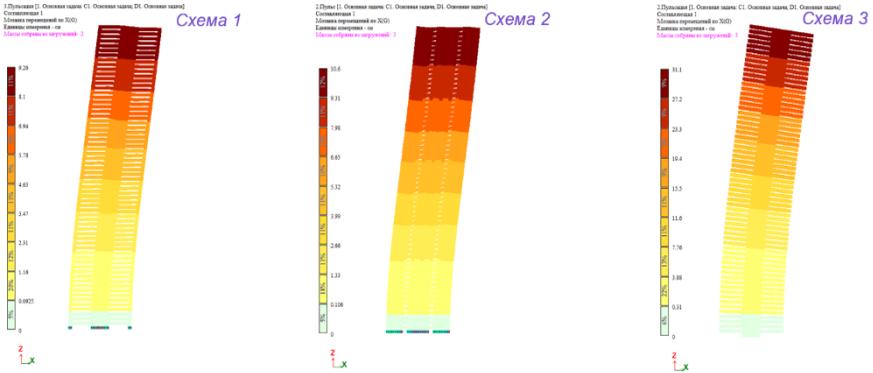


Рисунок 5 - Перемещения конструкций от пульсационной ветровой нагрузки

Анализ результатов от полной ветровой нагрузки показал, что минимальное значение перемещений вдоль оси приложения нагрузки дает схема 1 – 37.8 см, значение по 2-ой схеме в 1.13 раз больше, а по 3-ей схеме в 3.1 раз больше, чем по 1-ой схеме (рисунок 6).

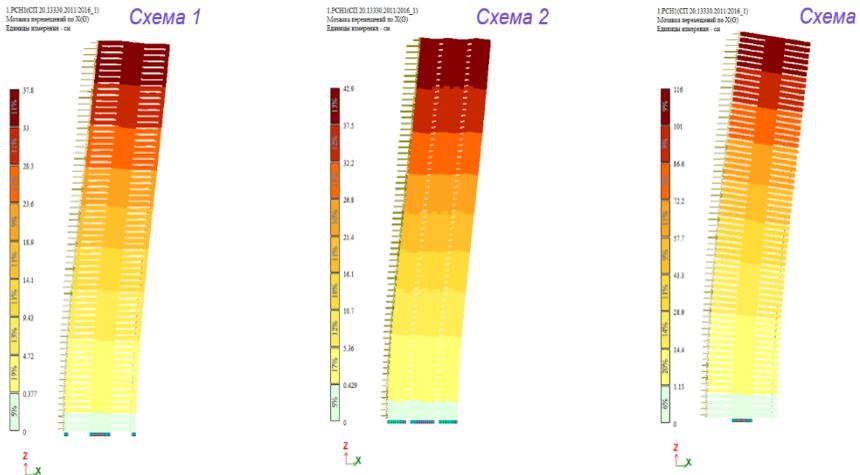


Рисунок 6 - Перемещения конструкций от полной ветровой нагрузки

Проведённый расчет по трём созданным КЭ-моделям высотных зданий с различными конструктивными схемами показал, что каркасно-ствольная схема (рис.7) даёт наименьшие перемещения по оси приложения нагрузки.

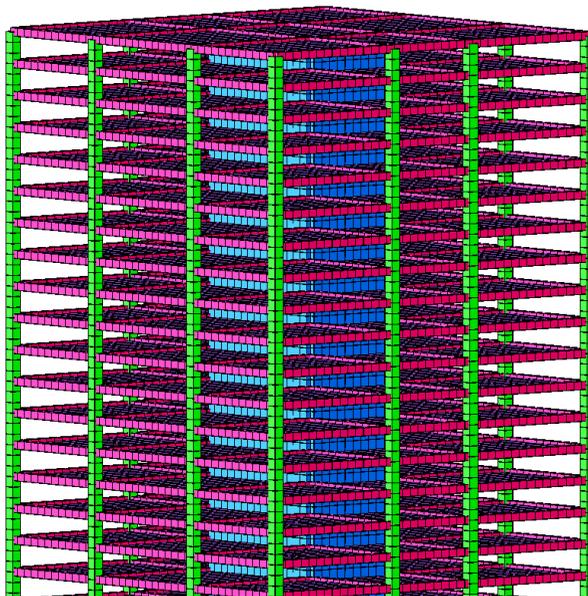


Рисунок 7 – Каркасно-ствольная конструктивная схема

Библиографический список

1. *Шукина М.Н.* Современное высотное строительство. Монография. М.: ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», 2007. 440 с.
2. *Симиу Э., Скалан Р.* Воздействие ветра на здания и сооружения: Учебник. – М.: Стройиздат, 1984. 358 с.
3. *Баранов А.О.* Конструктивные решения высотных зданий // Alfabuild. 2018. №5(3). С. 33–51.
4. СП 20.13330.2016. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия.
5. Сайт Лира Сервис [Электронный ресурс]. – М.: ООО Лира Сервис, – Режим доступа: <https://liraserv.com/kb/117/721/>, свободный.

Мезенцева П.А. студентка 4-го курса 201 группы ИЦТМС
 Научный руководитель –
 м.н.с. НОЦ КМ им. Золотова А.Б. **С.Г. Саиян**

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ В ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ ПОСТАНОВКЕ

Железобетон – композитный материал, состоящий из бетона и стальной арматуры. Определение напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций под действием нагрузок выполняется на основе методов численного моделирования. Для моделирования бетона существуют и широко применяются несколько моделей: Друкера-Прагера, Минетри-Вильяма и т.д., для моделирования нелинейной работы стальной арматуры используют модель пластичности Мизеса.

Цель проведения данной работы – численное моделирование напряженно-деформированного состояния железобетонной балки, описанной в эксперименте [1].

Объектом исследования является статически определяемая железобетонная балка, на которую воздействуют две сосредоточенные силы (расчетная схема и схема армирования представлены на рисунке 1 и рисунке 2, соответственно).

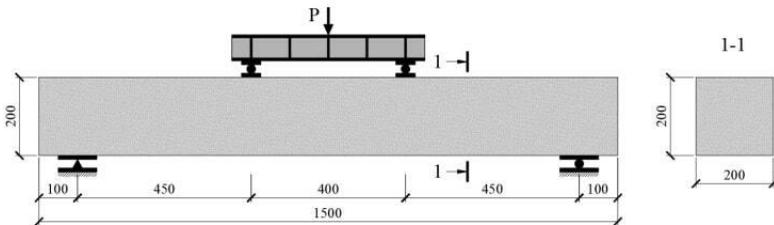


Рисунок 1 - Расчетная схема

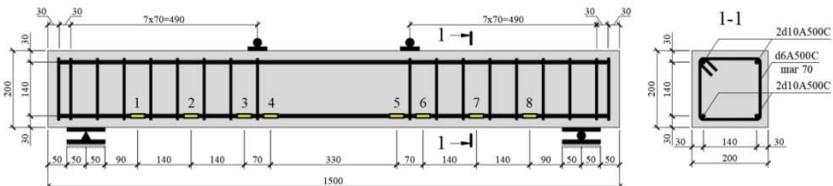


Рисунок 2 - Схема армирования

Нагружение балки по эксперименту происходило следующим образом – каждые 10 мин значение сосредоточенной силы увеличивалось на 10% по сравнению с предыдущим.

В ходе проведения эксперимента исследовали 3 образца и среднее значение предельной силы для разрушения балки $P_{ult} \approx 135$ кН.

Данный эксперимент был воспроизведен на основе численного моделирования в трехмерной нелинейной постановке в ПК ANSYS Mechanical.

Для реализации расчета, в том числе для применения модели Друкера-Прагера [2,3], необходимы следующие параметры, значения которых взяты в соответствии с результатами эксперимента, для стали: сопротивление при осевом растяжении $R_s = 661$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu_s = 0.3$, модуль упругости $E_s = 2 \cdot 10^5$ МПа, для бетона: сопротивление при осевом растяжении $R_t = 1.05$ МПа, сопротивление при одноосном сжатии $R_c = 19.95$ МПа, сопротивление при двухосном сжатии $R_b = 23.94$ МПа, модуль упругости $E_b = 3 \cdot 10^4$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu_s = 0.2$. Геометрическая модель балки представлена на рисунке 3.

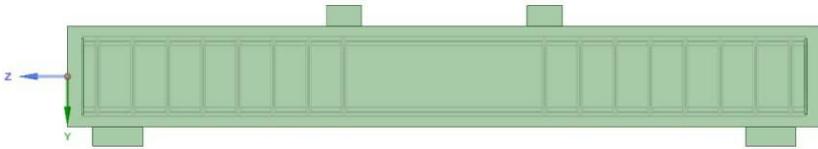


Рисунок 3 - Модель в ПК ANSYS SpaceClaim

По результатам численного моделирования получили соответствующие изополя полных и пластических деформаций, вертикальных перемещений u и нормальных напряжений (рисунок 4 - 7) и график зависимости перемещений u от P (рисунок 8).

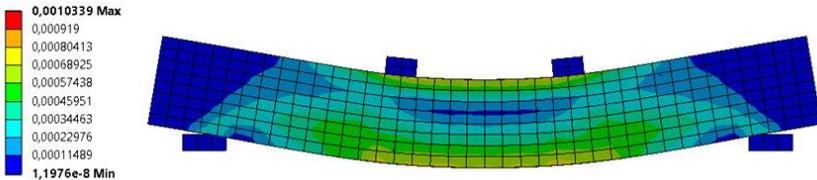


Рисунок 4 - Изополя полных деформаций в ПК ANSYS Mechanical

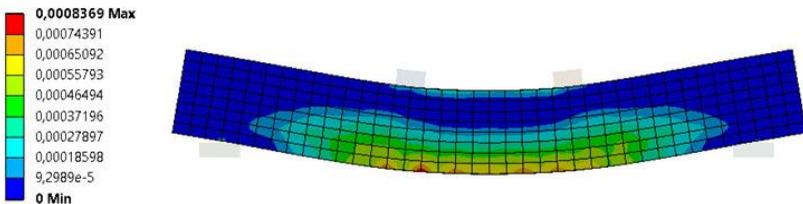


Рисунок 5 - Изополя пластических деформаций в ПК ANSYS Mechanical

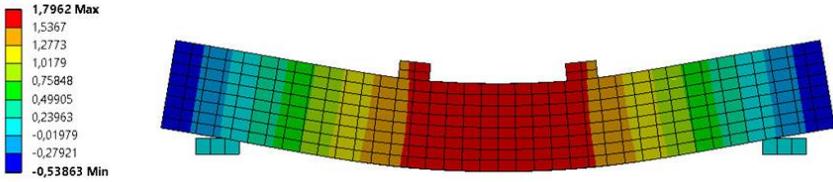


Рисунок 6 - Изополя вертикальных перемещений в ПК ANSYS Mechanical, мм

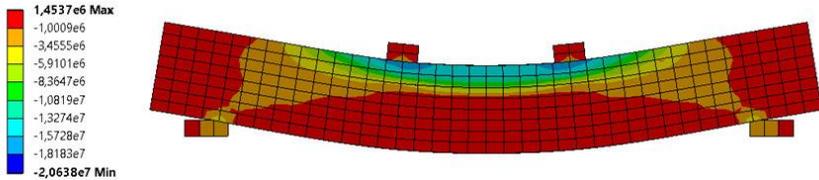


Рисунок 7 -Изополя нормальных напряжений в ПК ANSYS Mechanical, Па

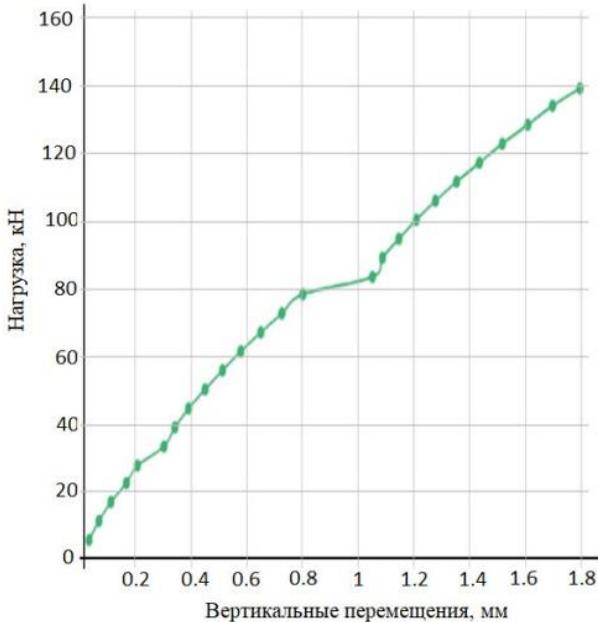


Рисунок 8 - Зависимость перемещений от нагрузки, полученная в ПК ANSYS Mechanical

В целях проверки результатов был проведен расчёт в линейной постановке с использованием ПК ЛИРА-САПР [4].

Зададим граничные условия (рисунок 9), необходимые параметры и выполним расчёт для значения нагрузки $P = 135$ кН.



Рисунок 9 - Схема в ПК ЛИРА-САПР

Получены значения вертикальных перемещений в середине пролёта $u = 1.35$ мм (рисунок 10).

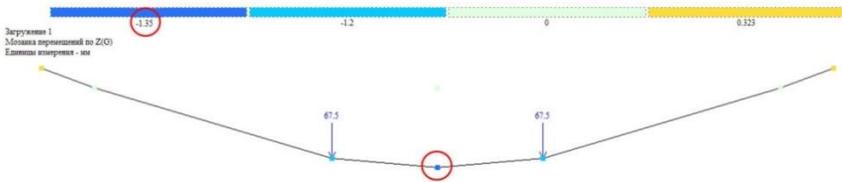


Рисунок 10 - Вертикальные перемещения в ПК ЛИРА-САПР

Также был проведен ручной расчет для определения прогиба балки на основе метода Мора [5].

Модуль упругости $E = 3 \cdot 10^7 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$ и момент инерции для квадратного сечения $I = \frac{bh^3}{12} = \frac{0.2 \cdot 0.2^3}{12} = 0.0001(3) \text{ м}^4$. Была построена грузовая и единичная эпюры по единичной силе в середине пролёта (рисунок 11). Перемножение эпюр проводилось на основе метода трапеций и найдено значение вертикального перемещения:

$$u = \int_l \frac{M\bar{M}}{EI} dx = \frac{1}{6EI} (0.45 \cdot 2 \cdot 30.375 \cdot 0.225 \cdot 2 + 2 \cdot 0.2 \cdot (3 \cdot 30.375 \cdot 0.225 + 3 \cdot 30.375 \cdot 0.325)) = 1.35 \text{ мм}$$

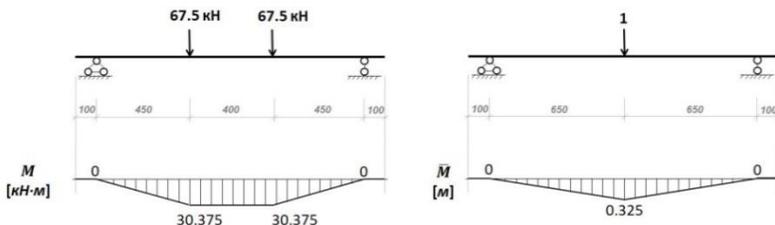


Рисунок 11 - Грузовая и единичная эпюры для метода Мора

В ходе выполнения работы было проведено численное моделирование НДС железобетонной балки в физически нелинейной постановке с использованием модели пластичности Друкера-Прагера для бетона и модели Мизеса для стальной арматуры.

Порядок значений, полученных по результатам линейных (метода Мора ($u = 1.35$ мм) и ПК ЛИРА-САПР ($u = 1.35$ мм)) и нелинейных расчетов (в ПК ANSYS ($u = 1.6$ мм) при отсутствии развитой зоны пластики), совпадает, что говорит о правильности проведенного исследования.

Библиографический список

1. Цацулин И.В. Несущая способность изгибаемых железобетонных элементов при малоцикловых нагрузках типа сейсмических с учетом пластических деформаций арматуры. Дисс. ... канд. техн. наук. - М., Москва, 2023.
2. Бударин А.М., Плетнев М.В., Алехин В.Н. Численное моделирование изгибаемых железобетонных элементов с использованием критерия прочности Друкера — Прагера // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН, 2018. № 3. С. 74-77.
3. Guray A., Melih H. Nonlinear analysis of RC columns using the Drucker-Prager model, Journal of Civil Engineering and Management, 2013. 19:1, 69-77.
4. Ромашкина М.А., Титок В.П. Под редакцией академика РААСН Городецкого А.С. Программный комплекс ЛИРА-САПР Руководство пользователя. Обучающие примеры. Электронное издание, 2018г. – 254 с.
5. Соппротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. Учебник под ред. Г.С. Варданяна – М., Издательство АСВ, 1995. – 568 стр. с илл.

Поляков А.Э., студент магистратуры 2-го курса 315 группы ИЦТМС
 Научный руководитель –
 доц., канд. техн. наук **Н.А. Татусь**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРИСЛОЙНОГО МОДУЛЯ СДВИГА ПРИ ЧЕТЫРЕХТОЧЕЧНОМ КРУЧЕНИИ ОРТОТРОПНЫХ ПЛАСТИН

Аннотация

Единственный стандартизованный метод определения внутрислойного модуля сдвига полимерных композитов – кручение ортотропной квадратной пластины. Особенность его в том, для этого метода испытаний достаточно сложно подготовить образец, поскольку требуется строго ортогональная ориентация армирующих волокон, что весьма затруднительно сделать при ручной выкладке. Интересно испытать на четырехточечное кручение круглую пластину и попытаться найти корреляцию результатов со стандартным кручением квадратной.

Статья обзорная и содержит в себе информацию о полном выводе аналитического решения для чистого кручения квадратной ортотропной пластины.

Четырехточечное кручение квадратных пластин

Для определения модуля сдвига в плоскости укладки арматуры применяется схема кручения квадратной пластины (рисунок 1).

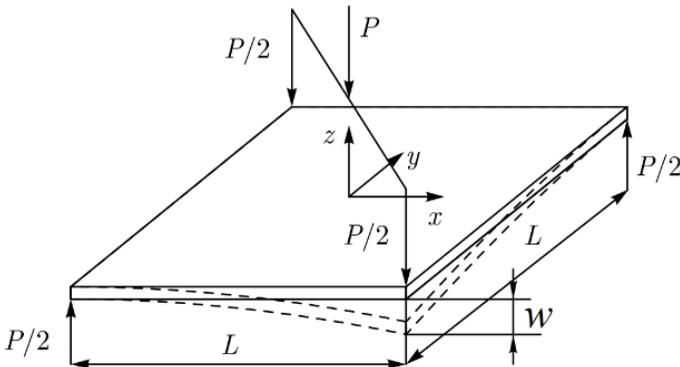


Рисунок 1 - Схема кручения квадратной пластины усилиями P

Связь деформаций и напряжений в двумерной анизотропной системе описывается уравнениями Войгта [6]:

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_x &= a_{11}\sigma_x + a_{12}\sigma_y + a_{16}\tau_{xy} \\
 \varepsilon_y &= a_{21}\sigma_x + a_{22}\sigma_y + a_{26}\tau_{xy} \\
 \gamma_{xy} &= a_{61}\sigma_x + a_{62}\sigma_y + a_{66}\tau_{xy}
 \end{aligned} \tag{1}$$

где $a_{ik} = a_{ki}$ – коэффициенты, имеющие связь с упругими характеристиками:

$$a_{11} = \frac{1}{E_x}; a_{22} = \frac{1}{E_y}; a_{12} = -\frac{\nu_{xy}}{E_x}; a_{66} = \frac{1}{G_{xy}} \tag{2}$$

Рассматривается частный случай чистого кручения пластины под действием момента M_{xy} , а также учитывается то, что материал ортотропен: $a_{61}=0; a_{62}=0$. Поэтому система (1) сводится к одному уравнению:

$$\gamma_{xy} = a_{66}\tau_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G_{xy}} \tag{3}$$

Используя первое допущение ($\gamma_{yz} = 0; \gamma_{zx} = 0$) модели Кирхгова-Лява имеем

$$\begin{aligned}
 u &= -z \frac{\partial w}{\partial x} + f_1(x, y) \\
 v &= -z \frac{\partial w}{\partial y} + f_2(x, y)
 \end{aligned} \tag{4}$$

Поскольку срединная поверхность пластины не испытывает деформации растяжения/сжатия, функции, образованные в результате интегрирования уравнений (4) равны нулю:

$$\begin{aligned}
 u(x, y, 0) &= f_1(x, y) = 0 \\
 v(x, y, 0) &= f_2(x, y) = 0
 \end{aligned} \tag{5}$$

Подставляя в соотношения Коши полученные перемещения (4) и объединяя с уравнением (5) получим

$$\gamma_{xy} = -2z \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} = \frac{\tau_{xy}}{G_{xy}} \tag{6}$$

где w – это прогиб пластины.

Если принять касательные напряжения $\tau_{xy} = \tau_0$ для срединной поверхности при $z=h/2$, то можно выразить функцию прогиба для произвольной формы пластины

$$w = \frac{\tau_0 \cdot xy}{hG_{xy}} \quad (7)$$

где $\tau_0 = \frac{6M_{xy}}{Lh^2}$ для прямоугольного сечения.

Перемещения углов квадратной поверхности w_1 и w_3 противоположны по направлению перемещениям w_2 и w_4 (рис. 2), тогда справедливо записать следующее:

$$w_1 = w_3 = \frac{3M_{xy}L}{2h^3G_{xy}} \text{ при } x_1 = \frac{L}{2}, y_1 = \frac{L}{2}; x_3 = -\frac{L}{2}, y_3 = -\frac{L}{2} \quad (8)$$

$$w_2 = w_4 = \frac{3M_{xy}L}{2h^3G_{xy}} \text{ при } x_2 = -\frac{L}{2}, y_2 = \frac{L}{2}; x_4 = \frac{L}{2}, y_4 = -\frac{L}{2} \quad (9)$$

Общий прогиб примет вид

$$w = \frac{3M_{xy}L}{h^3G_{xy}} \quad (10)$$

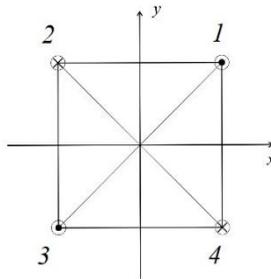


Рисунок 2 - Схема расположения нагружающих элементов

Теория Надаи [5] и Тимошенко [4] показывает, что сосредоточенные нагрузки $P/2$ на каждом углу, действующие, как показано на рисунке 1, создают крутящий момент M_{xy} вдоль каждой стороны, равный $PL/4$. Тогда из (10) выводится формула для экспериментального определения модуля сдвига:

$$G_{xy} = \frac{3 PL^2}{4 wh^3} \quad (11)$$

Заключение

На основе данного решения можно утверждать, что вывод аналитических зависимостей для круглой пластины весьма громоздкая задача. Поперечное сечение, меняющиеся по степенному закону, такого образца усложняет получение связи сдвигающих напряжений и крутящего момента (7). А составить уравнения равновесия на границе круглой поверхности не представляется возможным.

Библиографический список

1. Полилов А.Н., Татусь Н.А. Биомеханика прочности волокнистых композитов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018. – 328 с.
2. Тарнопольский Ю. М., Кинцис Т. Я. Методы статических испытаний армированных пластиков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1981. 272 с.
3. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. М.–Л.: Гостехиздат, 1950.
4. Timoshenko, S. The theory of plates and shells – McGraw-Hill Book Company, Inc., 1940.
5. Nadai, A. Elastische Platten // Springer Verlag, 1925.
6. Voigt, W. Lehrbuch der Kristallphysik – В.Г. Teubner, 1910, reprinted 1928.

Прусов К.А., аспирант 2 курса 16 группы ИЦТМС
Научный руководитель –
проф., д-р физ.-мат. наук **А.Л. Попов**

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ИЗГИБА БАЛКИ

Представлена виртуальная лабораторная работа по спекл-интерферометрии, обеспечивающая выполнение учебно-исследовательских работ по механике изгиба балочных элементов конструкций с помощью наглядного представления об изменении прогиба балки под действием краевой нагрузки. Приведено краткое описание теоретической модели, лежащей в основе тренажера, комплекта аппаратуры и консольного образца, используемого для измерений, последовательности действий оператора в процессе выполнения работы.

Цель работы:

ознакомление с оборудованием и программным комплексом электронной спекл-интерферометрии, проведения измерений прогиба балки.

Спекл-интерферометрия и ее применение для регистрации микроперемещений объекта измерений

Интерферометрия дает возможность бесконтактного измерения распределения микроперемещений поверхности объектов на достаточно больших площадях при различных видах нагружения. Электронная спекл-интерферометрия – современный, быстроразвивающийся раздел интерферометрии, отличающийся оперативностью измерений, незначительными требованиями к качеству поверхности наблюдаемого объекта, относительной простотой оптических схем [1].

В качестве объекта измерений в виртуальной лабораторной работе «Спекл-интерферометрия» использована консольная балка, схема которой с диапазоном наблюдения (x_1 , x_2) показана на рисунке 1.

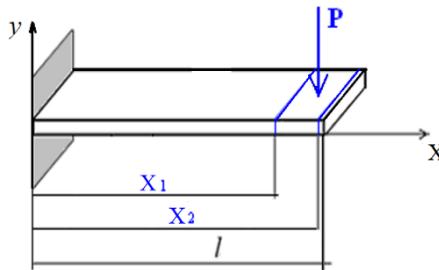


Рисунок 1 - Объект измерения – консольная балка

Рассмотрим спекл-интерферометрическую регистрацию перемещений диффузно-отражающей поверхности объекта.

В плоскости изображения оптической системы спекл-структура представляется нерегулярным набором пятен (спеклов) со средним размером, определяемым величиной диафрагмы.

Полученные спекл-картины отображаются на матрице видеокамеры и сохраняются в памяти ЭВМ в виде последовательности экспозиций – спеклограмм (рисунок 2а, б).

Совокупность точек поверхности, соответствующих смещению одного уровня, кратного длине полуволны лазера, образует на разностной картине – спеклинтерферограмме – темную полосу [2].

Число таких полос и их ориентация позволяют судить о величине и направлении микроперемещений поверхности объекта. На рисунке 2 представлены спеклограммы поверхности объекта.

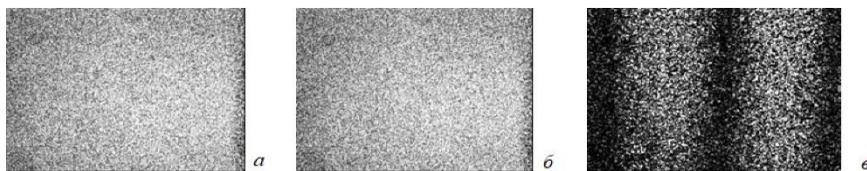


Рисунок 2 - Характерные спеклограммы для исходного (а) и смещенного (б) положений поверхности тела; (в) – спеклинтерферограмма смещения поверхности

Описание виртуальной лабораторной работы по спекл-интерферометрии изгиба балки

Виртуальная лабораторная работа демонстрирует оборудование электронной спекл-интерферометрии, позволяет изучить распределение микроперемещений поверхности балки при изгибе и определить чувствительность спекл-интерферометрической измерительной системы.

На рисунке 3 представлен внешний вид интерфейса виртуальной лабораторной работы с указанием на параметры образца и механико-математической модели прогиба консольной балки под действием краевой нагрузки.

В лабораторной работе интерферограмма строится при помощи градиентных заливок в прозрачном спектре.

Градиентные заливки накладываются на разбросанные случайным образом пиксели яркостной картины, в результате чего создается эффект спекл-шума.

При смещении объекта создается интерферограмма в виде системы темных и светлых полос.

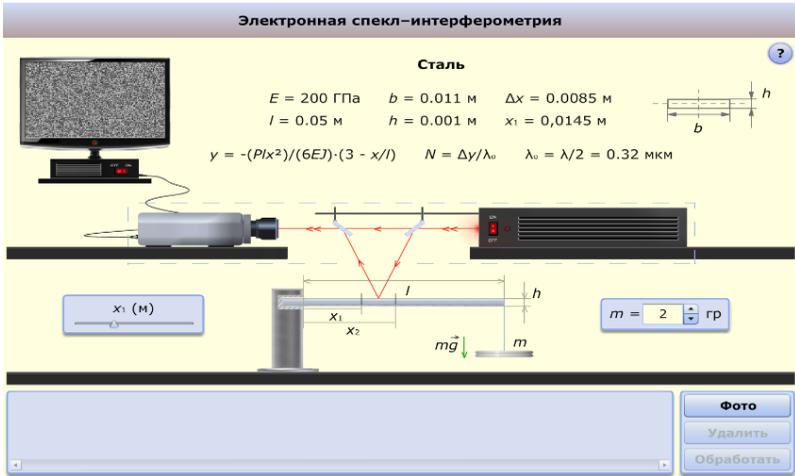


Рисунок 3 - Внешний вид интерфейса виртуальной лабораторной работы

На рисунке 4 смоделирована интерферограмма прогиба балки под действием силы, приложенной на ее краю. По интерферограмме можно рассчитать величину прогиба балки, т.е. смещение в направлении y и угол поворота балки на выбранном участке [3].



Рисунок 4 - Интерферограмма на экране монитора

Обработка и анализ результатов

При включении лазера и видеокамеры с компьютером осуществляется видеозахват исходного состояния выбранного участка поверхности объекта. Затем производится возмущающее воздействие на объект путем добавления массы с повторным видеозахватом поверхности объекта.

Далее производится обработка записанных изображений, создается интерферограмма, затем - подсчет интерференционных полос, характеризующих прогиб консоли, который может производиться вручную или автоматически [4, 5].

Заключение

Приведенные материалы объясняют работу с виртуальной лабораторной работой «Спекл-интерферометрия», попрактиковавшись на которой студенты будут лучше представлять содержание экспериментальных исследований на не всегда реально доступной аппаратуре, получая при этом наглядное представление и об измеряемых механических параметрах.

Библиографический список

1. Гужов В.И., Ильиных С.П. Компьютерная интерферометрия. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. 252 с.
2. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений. М.: Радио и связь, 1986. 396 с.
3. Варданян Г.С., Андреев В.И., Атаров Н.М, Горшков А.А. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. М.: Изд. АСВ, 1995. 668 с.
4. Крайнюков Н.И., Храмов А.Г. Выделение центров полос на интерферограмме // Компьютерная оптика. 1992. № 10-11. С. 150-159.
5. Ganesan A.R., Sharma D.K., Kothiyal M.P. Universal Digital Speckle Shearing Interferome-ter // Appl. Opt. 1988. V. 27. P. 4731-4734.

Сафаров А.Р., аспирант 4 курса 11 группы каф. СМ
доц., канд. техн. наук В.Б. Дорожнинский

СКРЫТЫЙ РЕЗЕРВ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ

Введение

Нормативный расчет строительных конструкций основывается на методе предельных состояний [1, 2]. Данный метод является полу вероятностным с использованием системы коэффициентов надежности: по нагрузке, по материалу, по ответственности, условий работ.

Указанные коэффициенты учитывают некоторый разброс расчетных параметров и имеют определенные значения.

Вероятностными расчетами строительных конструкций занимается теория надежности [3], аппарат которой построен на теории вероятности и математической статистики.

Вероятностные расчеты требуют серьезных вычислительных затрат не только от человека, но и от электронно-вычислительных машин. Прежде чем приступать к подобным расчетам, необходимо иметь детерминированное решение рассматриваемой задачи.

В настоящей работе рассматривается оценка надежности железобетонной балки, работающей на изгиб.

Материалы и методы

Объект исследования. В качестве объекта исследования рассмотрим экспериментальную железобетонную балку – БМ1 [4]. Балка изготовлена из тяжелого бетона В30 и армирована сталью А400, геометрические размеры балки и схема армирования приведены на рис. 1. Контролируемый параметр из эксперимента – разрушающая нагрузка $P_{true} = 16580 \text{ Н}$.

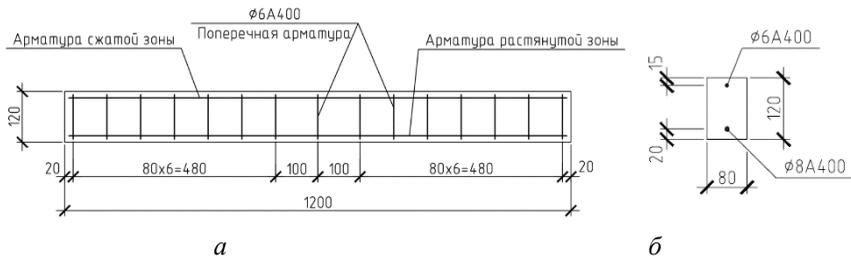


Рисунок 1 - Геометрия и схема армирования балки:

a – продольный вид;

б – поперечное сечение (поперечная арматура условна не показана)

Детерминированное решение

В качестве детерминированного решения рассмотрим проверку прочности нормального сечения балки при изгибе по СП 63.13330 [5].

Расчетная схема нормального сечения при изгибе представлена на рисунке 2.

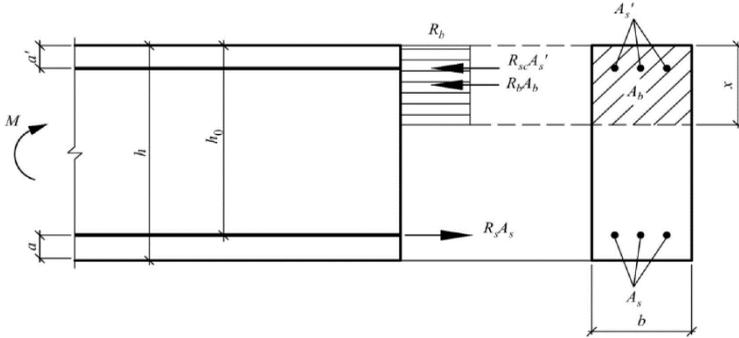


Рисунок 2 - Расчетная схема нормального сечения при изгибе (количество арматурных стержней показано условно)

Предельная несущая способность по СП 63.13330 [5] определяется:

$$M_{ult} = R_b \cdot b \cdot \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A_s'}{R_b \cdot b} \cdot \left(h_0 - 0.5 \cdot \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A_s'}{R_b \cdot b} \right) + R_{sc} \cdot A_s' \cdot (h_0 - a') , \quad (1)$$

где R_b , R_s , R_{sc} – расчетные сопротивления по СП 63.13330 [5];

b , h_0 , a' , A_s , A_s' – исходные данные в соответствии с рисунком 1.

Целью детерминированного расчета является определение величины разрушающей нагрузки. Для ее определения воспользуемся предельным условием: $M_{max} = M_{ult}$, где M_{max} – максимальный изгибающий момент.

Максимальный изгибающий момент от внешней нагрузки определяется правилами строительной механики, исходя из расчетной схемы, приведенной на рисунке 3:

$$M_{max} = -q \cdot \left(l_1 + \frac{l_4}{2} \right) \cdot \left(\frac{l_1 + \frac{l_4}{2}}{2} \right) + R_A \cdot \frac{l_4}{2} - \frac{P}{2} \cdot \frac{l_3}{2} , \quad (2)$$

где q – нагрузка от собственного веса балки;

l_1 , l_3 , l_4 – размеры в соответствии с рис. 3;

R_A – реакция опоры;

P – разрушающая нагрузка.

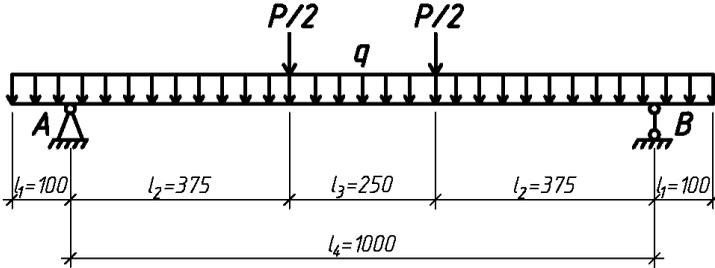


Рисунок 3 - Расчетная схема балки

Определение вероятности отказа. Для определения вероятности отказа применяют различные методы теории надежности [6]. Поскольку рассматриваемая система является достаточно простой и статически определимой, то рационально рассмотреть метод статистической линеаризации.

Для реализации данного метода необходимо вычислить ряд величин.

1. Среднее значение функции работоспособности:

$$M[g] = M[R] - M[Q], \quad (3)$$

где $M[R]$, $M[Q]$ – среднее значение обобщенной прочности и обобщенной нагрузки.

2. Дисперсия функции работоспособности:

$$D[g] = \sigma^2[X_1] \cdot \left(\frac{\partial M[g]}{\partial M[X_1]} \right)^2 + \sigma^2[X_2] \cdot \left(\frac{\partial M[g]}{\partial M[X_2]} \right)^2 + \dots + \sigma^2[X_n] \cdot \left(\frac{\partial M[g]}{\partial M[X_n]} \right)^2, \quad (4)$$

где $\sigma[X_i]$ – стандарт i -той случайной величины;

где $M[X_i]$ – среднее значение i -той случайной величины.

3. Стандарт функции работоспособности:

$$\sigma[g] = \sqrt{D[g]}. \quad (5)$$

4. Характеристика безопасности:

$$\beta = \frac{M[g]}{\sigma[g]}. \quad (6)$$

Вероятность отказа (приняв допущение о подчинении функции работоспособности нормальному закону):

$$P_f = 0.5 - \Phi(\beta), \quad (7)$$

где $\Phi(\beta)$ – значение функции Лапласа в зависимости от характеристики безопасности, определяемое по специальным таблицам [7].

За случайные величины примем прочность бетона и арматуры.

Среднее значение призмочной прочности бетона определяется [6]:

$$M[R_b] = \frac{R_b}{1.07 \cdot (1 - 2 \cdot \nu_b)}, \quad (8)$$

где ν_b – коэффициент вариации прочности бетона сжатию [8].

Среднее значение прочности арматуры определяется [6]:

$$M[R_s] = \frac{R_s}{1 - 1.64 \cdot \nu_s}, \quad (9)$$

где ν_s – коэффициент вариации прочности арматуры [9].

Результаты

Приравняв (1) к (2) и подставив исходные данные, получим величину разрушающей нагрузки: $P = 8088$ Н. Полученное значение составляет 48.782 % от действительного значения разрушающей нагрузки $P_{true} = 16580$ Н.

Произведя вычисления выражений (3-7) с использованием вероятностных моделей (8-9), получим вероятность отказа методом статистической линеаризации при предельной разрушающей нагрузке P : $P_f = 0.00195$. Полученное значение показывает, что конструкция имеет значительные резервы несущей способности по рассматриваемому критерию.

Выводы и заключение

Исходя из проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

– расчет по действующим нормам СП 63.13330 [5] обеспечивает резерв несущей способности конструкции более чем на 50 %, который рационально использовать в расчетах на особые воздействия;

– на примере метода статистической линеаризации оценена надежность рассматриваемой конструкции.

Подобный анализ целесообразно производить для ответственных элементов в конструктивной системе, при этом при рассмотрении сложных конструктивных систем рекомендуется обратить внимание на метод статистических испытаний [6].

Библиографический список

1. Федеральный закон от 30.12.2009 г. N 384-ФЗ. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. М., 2009.
2. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. М., 2019.
3. *Ржаницын А.Р.* Теория расчета строительных конструкций на надежность. М.: Стройиздат, 1978. 239 с.
4. *Фролов Н.В., Полоз М.А., Колесникова Е.Г.* Экспериментальные исследования образцов армобетонных балок с двухрядным расположением в растянутой зоне стержней стальной и стеклопластиковой арматуры // Вестник БГТУ. 2016. № 10. С. 83-88.
5. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003. М., 2019.
6. *Мкртычев О.В.* Надежность многоэлементных стержневых систем инженерных конструкций: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.23.17. М., 2000. 324 с.
7. *Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.* Теория вероятностей и ее инженерные приложения: учебное пособие для вузов. 2-е изд., стереотипное. М.: Высшая школа, 2000. 480 с.
8. ГОСТ26633-91. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. М., 1992.
9. ГОСТ 5781-82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. М., 2009.

Шелепина В.Б., студентка магистратуры 1-го курса 13 группы ИЦТМС
 Научный руководитель –
 м.н.с. НОЦ КМ им. Золотова А.Б. **С.Г. Саиян**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДАМИ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

При обследовании строительных конструкций наиболее ответственным этапом является изучение аномалий, выявление причин их возникновения и динамики развития. Со временем в стенах жилых домов, сооружениях появляются трещины, которые являются довольно опасным явлением. Появившиеся дефекты снижают теплозащиту ограждения и повышают воздухопроницаемость. Одной из важных задач является поиск изъянов на поверхности. Этим занимаются специалисты по эксплуатации и обследованию зданий. Именно они несут ответственность за то, что трещина достигла угрожающих размеров и продолжает свое развитие много лет. [1].

Сегментация изображений – это метод, при котором цифровое изображение разбивается на различные подгруппы, называемые сегментами изображения, что помогает уменьшить сложность изображения и упростить дальнейшую обработку или анализ изображения [2]. В исследовании были рассмотрены 2 метода сегментации изображений: алгоритмы кластеризации – метод k-средних, и пороговая сегментация.

Алгоритм на основе метода k-средних – один из наиболее популярных методов кластеризации. Пространство делится на k количество кластеров, вычисляется расстояние между точками и центрами кластеров, и точки присваиваются к кластеру, наиболее близкому к центру кластера. Сходимость метода осуществляется тогда, когда центры кластеров на итерации не отличаются от координат на предыдущей итерации.

$$\text{minimize} \left(\sum_{i=1}^k \sum_{x=S_i} (x - \mu_i)^2 \right)$$

где k – количество кластеров,

S_i – векторы от кластеров,

μ_i – центр масс всех векторов,

$i = 1, 2, \dots, k$.

Методы пороговой сегментации генерируют из исходного изображения двоичное путем разделения его на две области на основе порогового значения. Пиксели, значения интенсивности которых превышают указанное пороговое значение, на выходе примут значение 1 – белый цвет, а остальные – 0 – черный цвет [3].

$$g(x, y) = 1 \text{ if } f(x, y) > T \text{ and } g(x, y) = 0 \text{ if } f(x, y) \leq T$$

где $f(x, y)$ – исходное изображение, $g(x, y)$ – сегментированное изображение, T – пороговое значение.

На рисунке 1 представлены входные данные для анализа изображений методами сегментации.

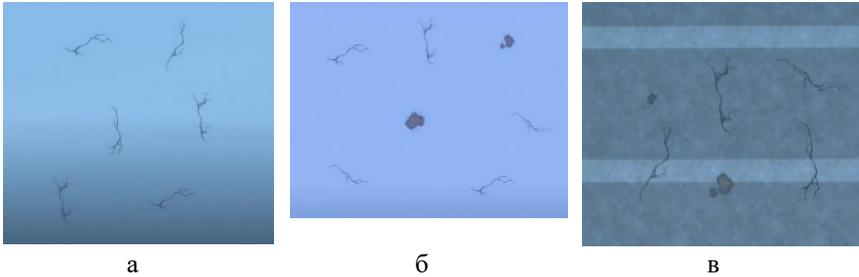


Рисунок 1 -Входные данные

На рисунке 2 представлены результаты кластеризации методом k -средних.

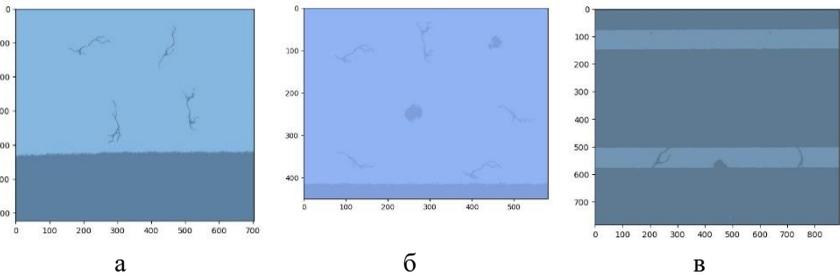


Рисунок 2 - Результаты кластеризации

Для выбора метода определения порогового значения составим гистограммы яркости изображений, где на горизонтальной оси отмечена интенсивность цвета, а по вертикали – частота.

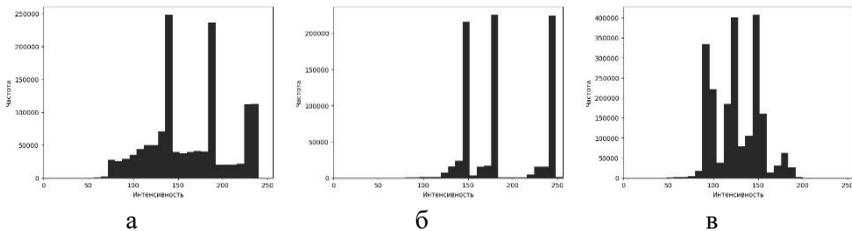


Рисунок 3 - Гистограммы яркости

Для изображений а) и в) был выбран метод адаптивного порогового значения на основе локальной окрестности пикселя. В таком методе для каждой точки порог различный и зависит от среднего значения серого и

дисперсии этой точки [4]. Для изображения б) использован метод среднего порогового значения, разбивающий изображение на белый и черный цвета, исходя из среднего значения оттенков серого. На рисунке 4 представлены результаты пороговой сегментации [5].

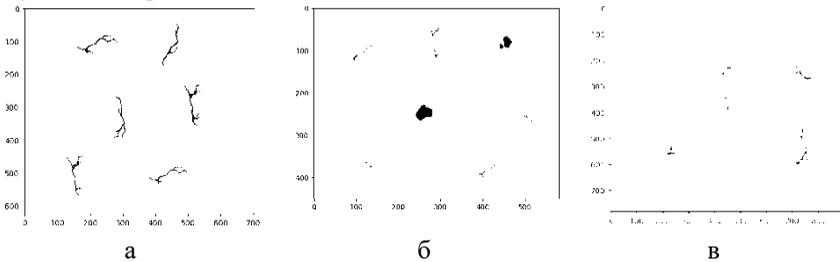


Рисунок 4 - Результаты пороговой сегментации

Пороговая сегментация позволяет очистить изображение от шумов, повлиявших на результаты кластеризации. На рисунке 5 представлены результаты кластеризации методом k -средних на предварительно обработанных данных методами пороговой сегментации, где красным цветом отмечен кластер с аномалиями.

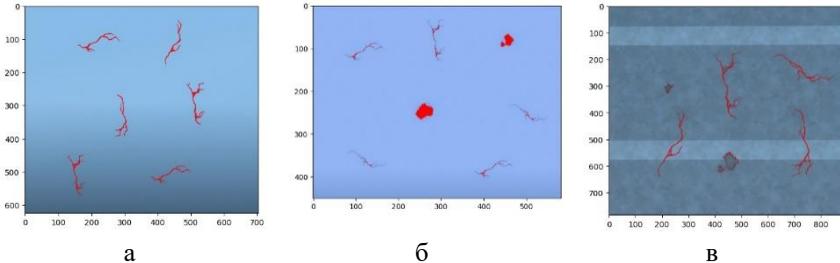


Рисунок 5 - Результаты кластеризации на обработанных изображениях

Библиографический список

1. Крахмальная М.П. Система мониторинга состояний трещин здания / Известия вузов. Северо-кавказский регион. 2011. №4. С. 92-94.
2. Лукашик Д.В. Анализ современных методов сегментации изображений / Экономика и качество систем связи. 2022. №2. С. 57-65.
3. Thresholding-Based Image Segmentation / GeeksForGeeks URL: <https://www.geeksforgeeks.org/thresholding-based> (дата обращения: 20.02.2024).
4. skimage.filters.threshold_local // scikit-image URL: <https://scikit-image.org/docs/stable/api/skimage.filters.html#skimage> (дата обращения: 20.02.2024).
5. skimage.filters.threshold_mean // scikit-image URL: <https://scikit-image.org/docs/stable/api/skimage.filters.html> (дата обращения: 20.02.2024).