

## Лабораторно испытательный комплекс “Лаборатория-кампус” НИУ МГСУ

Лабораторно испытательный комплекс “Лаборатория-кампус” НИУ МГСУ (далее – Комплекс) состоит из трёх основных элементов:

- система мониторинга и управления инженерным оборудованием учебно-лабораторного корпуса (УЛК);
- лабораторно-испытательный стендовый комплекс;
- программный модуль имитационного моделирования.

Помимо основных элементов Комплекс содержит интерфейс загрузки/выгрузки алгоритмов и интерфейсы передачи данными.

Структурная схема комплекса приведена на рис. 1.

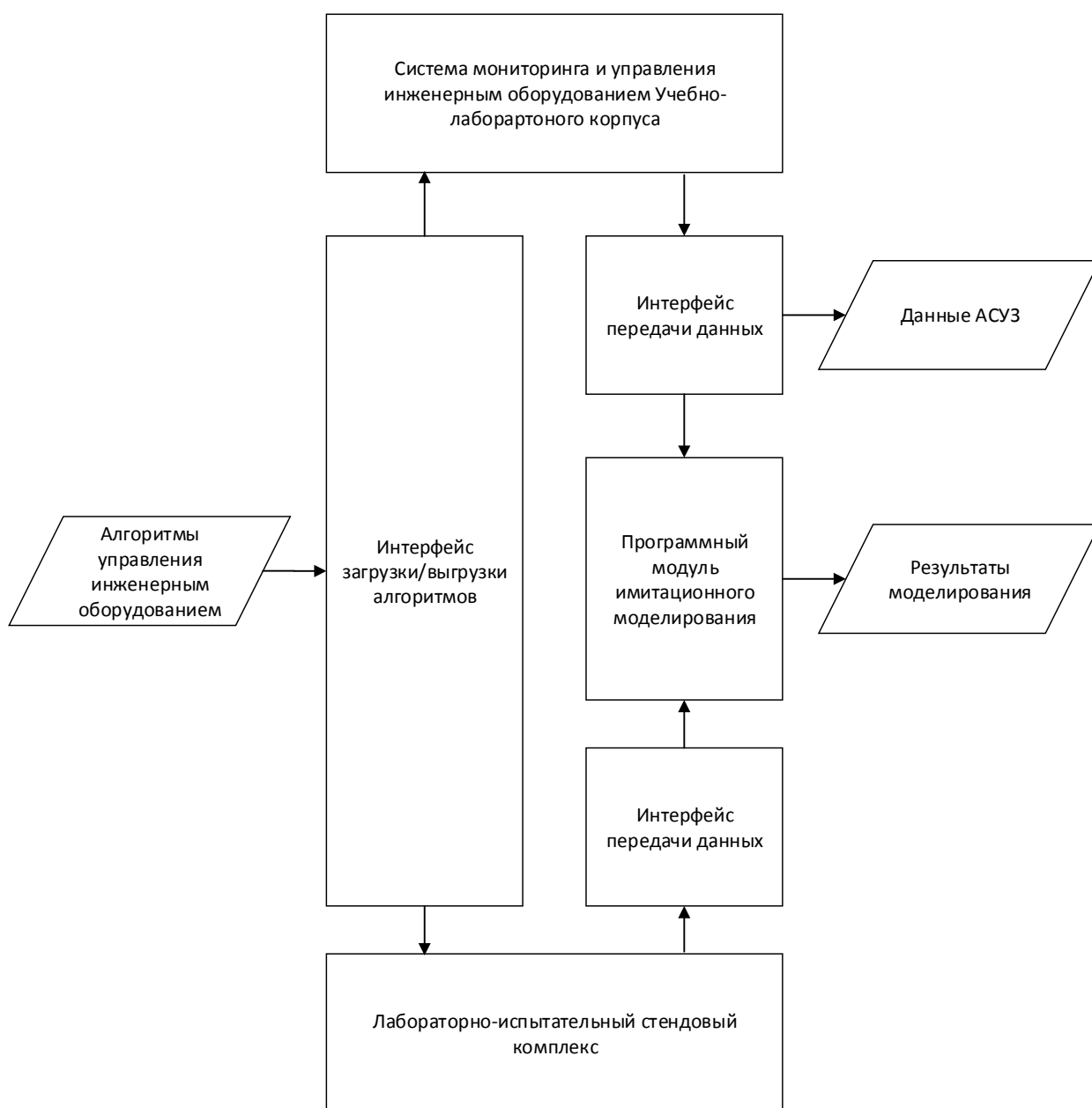


Рис. 1 Структурная схема комплекса

Задачей Комплекса является диагностика и автоматизированная разработка киберфизических строительных систем (далее – КСС). Диагностика КСС реализуется на двух аппаратнонезависимых уровнях – лабораторно-испытательном и опытно-эксплуатационный.



Рис. 2 Серверная инфраструктура Комплекса

Лабораторный уровень диагностики реализуется лабораторно-испытательным стендовым комплексом. Опытно-эксплуатационный уровень диагностики реализуется с применением системы мониторинга и управления инженерным оборудованием учебно-лабораторного корпуса. Описанные уровни диагностики на программном уровне реализованы программами для ЭВМ, которые зарегистрированы в виде объектов интеллектуальной собственности:

1. Св. 2013610522, Российская Федерация, Программа преобразования массива данных протокола ModBus/TCP в массив данных протокола DCON в системе автоматического контроля энергопотребления зданием [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО “МГСУ”. – №2012619566; заявл. 06 ноября 2012 г.; рег. 9 января 2013 г.; опубл. 20 марта 2013 г. Бюл. №1(83). – 1 с.
2. Св. 2017662363, Российская Федерация, Программа сбора данных и управления параметрами состояния системы контроля и управления доступом общественного здания [Текст] / Волков А.А., Чельшиков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ. – №2017619271; заявл. 15 сентября 2017 г.; рег. 03 ноября 2017 г.; опубл. 03 ноября 2017 г. Бюл. №11-2017. – 1 с.
3. Св. 2017662365, Российская Федерация, Программа сбора данных и управления параметрами состояния системы оповещения о чрезвычайных ситуациях общественного здания [Текст] / Волков А.А., Чельшиков П.Д., Лысенко Д.А.,

- Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ. – №2017619270; заявл. 15 сентября 2017 г.; рег. 03 ноября 2017 г.; опубл. 03 ноября 2017 г. Бюл. №11-2017. – 1 с.
4. Св. 2017662366, Российская Федерация, Программа сбора данных и управления параметрами системы мониторинга строительных конструкций общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ. – №2017619269; заявл. 15 сентября 2017 г.; рег. 03 ноября 2017 г.; опубл. 03 ноября 2017 г. Бюл. №11-2017. – 1 с.
  5. Св. 2017662367, Российская Федерация, Программа сбора данных и управления параметрами состояния групп вертикального транспорта общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ. – №2017619268; заявл. 15 сентября 2017 г.; рег. 03 ноября 2017 г.; опубл. 03 ноября 2017 г. Бюл. №11-2017. – 1 с.
  6. Св. 2017662368, Российская Федерация, Программа сбора данных и управления параметрами состояния системы автоматической пожарной сигнализации общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ. – №2017619272; заявл. 15 сентября 2017 г.; рег. 03 ноября 2017 г.; опубл. 03 ноября 2017 г. Бюл. №11-2017. – 1 с.
  7. Св. 2011618900, Российская Федерация, Программа автоматического управления подпиткой системы сбора и использования дождевой воды в зданиях [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Челышков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО “МГСУ”. – №2011617145; заявл. 23 сентября 2011 г.; рег. 15 ноября 2011 г.; опубл. 20 марта 2012 г. Бюл. №1(78) (I ч.). – 1 с.
  8. Св. 2013610519, Российская Федерация, Программа адаптивного автоматического управления освещением в здании [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Челышков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО “МГСУ”. – №2012619563; заявл. 06 ноября 2012 г.; рег. 9 января 2013 г.; опубл. 20 марта 2013 г. Бюл. №1(83). – 1 с.
  9. Св. 2013611593, Российская Федерация, Программа автоматического регулирования температуры и контроля герметичности системы отопления в типовом помещении здания [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Челышков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО “МГСУ”. – №2012660700; заявл. 05 декабря 2012 г.; рег. 25 января 2013 г.; опубл. 20 марта 2013 г. Бюл. №1(83). – 1 с.
  10. Св. 2017610465, Российская Федерация, Программа адаптивного управления приточной вентиляцией зданий с открытым интерфейсом [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ. – №2016662467; заявл. 16 ноября 2016 г.; рег. 11 января 2017 г.; опубл. 20 января 2017 г. Бюл. №1-2017. – 1 с.
  11. Св. 2017610447, Российская Федерация, Программа адаптивного управления приточно-вытяжной вентиляцией зданий с открытым интерфейсом [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ. – №2016662437; заявл. 16 ноября 2016 г.; рег. 11 января 2017 г.; опубл. 20 января 2017 г. Бюл. №1-2017. – 1 с.
  12. Св. 2017610634, Российская Федерация, Программа адаптивного управления теплоснабжением зданий с открытым интерфейсом [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ. –

№2016662367; заявл. 16 ноября 2016 г.; рег. 11 января 2017 г.; опубл. 20 января 2017 г. Бюл. №1-2017. – 1 с.

13. Св. 2017610612, Российская Федерация, Программа адаптивного управления группами вертикального транспорта зданий с открытым интерфейсом [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ. – №2016662413; заявл. 16 ноября 2016 г.; рег. 11 января 2017 г.; опубл. 20 января 2017 г. Бюл. №1-2017. – 1 с.
14. Св. 2017610460, Российская Федерация, Программа адаптивного управления аварийным электроосвещением зданий с открытым интерфейсом [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ. – №2016662422; заявл. 16 ноября 2016 г.; рег. 11 января 2017 г.; опубл. 20 января 2017 г. Бюл. №1-2017. – 1 с.

При этом, для загрузки/выгрузки алгоритмов используется Интерфейс загрузки/выгрузки алгоритмов, реализованный автоматизированным рабочим местом с инсталлированным программным обеспечением.

Оба уровня диагностики оснащены приборами мониторинга параметров, которые в автоматизированном режиме с применением Интерфейсов передачи данных являются источниками данных для Программного модуля имитационного моделирования.

Программы для ЭВМ, реализующие на программном уровне Интерфейсы передачи данных, в настоящее время проходят регистрацию в виде объектов интеллектуальной собственности:

1. *Открытый интерфейс информационной модели киберфизической системы контроля и управления доступом общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ*
2. *Открытый интерфейс информационной модели киберфизической системы оповещения о чрезвычайных ситуациях общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ.*
3. *Открытый интерфейс информационной модели киберфизической системы управления эвакуацией общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ.*
4. *Открытый интерфейс информационной модели киберфизической системы мониторинга строительных конструкций общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ.*
5. *Открытый интерфейс информационной модели киберфизической системы вертикального транспорта общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ.*
6. *Открытый интерфейс информационной модели киберфизической системы автоматической пожарной сигнализации общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ.*

7. *Открытый интерфейс информационной модели киберфизической системы отопления общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ.*
8. *Открытый интерфейс информационной модели киберфизической системы вентиляции общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ.*
9. *Открытый интерфейс информационной модели киберфизической системы кондиционирования воздуха в общественном здании [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ.*
10. *Открытый интерфейс информационной модели киберфизической системы водоснабжения общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ.*
11. *Открытый интерфейс информационной модели киберфизической системы обратного водоснабжения общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ.*
12. *Открытый интерфейс информационной модели киберфизической системы аварийного электроснабжения общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ.*
13. *Открытый интерфейс информационной модели киберфизической системы структурированных кабельных сетей общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ.*
14. *Открытый интерфейс информационной модели киберфизической системы теплоснабжения общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ.*
15. *Открытый интерфейс информационной модели киберфизической системы электроосвещения общественного здания [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Лысенко Д.А., Андреева А.В.; заявитель и патентообладатель НИУ МГСУ.*

**Система мониторинга и управления инженерным оборудованием учебно-лабораторного корпуса (УЛК)** осуществляет оперативное управление всеми инженерными системами объекта: электроснабжения, электроосвещения, теплоснабжения, отопления, вентиляции, водоснабжения, водоотведения. Качество параметров электроснабжения контролируется в 110 точках, параметры теплоснабжения – расход и температура теплоносителя – контролируются в 40 точках, в 10 точках контролируется расход воды, контроль движения осуществляется в 100 точках, также в 100 точках осуществляется контроль освещенности, шум контролируется в 90 точках, в 95 точках контролируется температура внутреннего воздуха и в 10 точках контролируется относительная влажность внутреннего воздуха. Кроме этого, Испытательный блок оснащен метеостанцией, передающей в систему параметры окружающей среды (температуру наружного воздуха, относительную влажность наружного воздуха, скорость и направление ветра, наличие осадков).





Рис. 3 Общий вид УЛК



Рис. 4 Инсталлированные датчики в УЛК

**Лабораторно-испытательный стендовый комплекс** включает в себя модули (лаборатории):

- автоматизированных систем управления зданиями;
- диспетчеризации;
- управления системами отопления, вентиляции и кондиционирования;
- моделирования систем управления.

### **Лаборатория автоматизированных систем управления зданиями**

Лаборатория включает в себя восемь оригинальных запатентованных лабораторных стендов, каждый из которых представляет собой опционально наращиваемую систему функционально ориентированных и обозначенных наборов инсталлированного оборудования автоматического управления, моделей эффекторов, контроля, визуализации и сигнализации, в том числе: сенсорные выключатели; кнопочные посты имитации событий; бинарный интерфейс; датчик движения; терморегулятор с жидкокристаллическим табло; информационная панель; исполнительные устройства управления освещением (блок реле, диммеры); блок управления электромеханическим

приводом; блок управления дискретными приводами (термоэлектрическими головками); интерфейс передачи данных (USB–port) для подключения компьютера к шине передачи данных; линейный соединитель; таймер; конечные потребители (индикаторы и осветительные приборы); электромеханический привод штор (роль-ставня, жалюзи); аналоговые приводы клапанов терморегулирования; дискретные приводы клапанов терморегулирования; терморегулятор; магнитный датчик; язычковый датчик; датчик протечки; датчик сотрясения; датчик разрушения стекла и проч.

Функциональные возможности лаборатории:

- проведение прикладных научных исследований и обучение созданию системы автоматического управления освещением с возможностью реализации следующих функций: дискретное включение и выключение освещения; диммирование; централизованный вывод работы исполнительных устройств (световые сцены) в заданный режим; централизованное отключение потребителей от сети электропитания (функция центрального выключателя);
- проведение прикладных научных исследований и обучение созданию системы автоматического управления электромеханическими приводами с возможностью реализации следующих функций: управление шторами (роль-ставней, жалюзи); пошаговое (определенное) изменение положения штор (роль-ставня, жалюзи); экстренное управление шторами (роль-ставней, жалюзи) с последующей блокировкой при получении сигнала тревоги; автоматическое управление шторами (роль-ставней, жалюзи) в зависимости от уровня внешней освещенности; автоматическое управление шторами (роль-ставней, жалюзи) при получении команд централизованного управления (центральный выключатель, зонный терминал);
- проведение прикладных научных исследований и обучение созданию системы автоматического управления отоплением с возможностью реализации следующих функций: управление аналоговыми приводами клапанов в режиме пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД, PID – Proportional Integral Derivative control) регулирования; управление дискретными приводами

клапанов в режиме широтно-импульсной модуляции (ШИМ, PDM – Pulse Duration Modulation); централизованный перевод системы отопления в установленные режимы работы;

- проведение прикладных научных исследований и обучение организации зоны мониторинга с возможностью фиксации событий и передачи сигналов управления для перевода систем автоматического управления в заданные режимы работы.

Элементы настоящего модуля зарегистрированы в виде объектов интеллектуальной собственности:

1. Пат. 111917, Российская Федерация, МПК G05B 17/00 (2006.01). Многофункциональный лабораторный стенд моделирования систем интеллектуальной автоматики зданий [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО “МГСУ”. – №2011137628; заявл. 13 сентября 2011 г.; опубл. 27 декабря 2011 г. Бюл. №36. – 2 с.: ил.
2. Пат. 84159, Российская Федерация, МКПО 14-02. Многофункциональный лабораторный стенд моделирования систем интеллектуальной автоматики зданий [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО “МГСУ”. – №2011503046; заявл. 06 октября 2011 г.; опубл. 16 января 2013 г. Бюл. №1. – 2 с.: ил.



Рис. 5 Общий вид Лаборатории автоматизированных систем управления зданиями



## **Лаборатория диспетчеризации**

Лаборатория включает в себя восемь оригинальных запатентованных лабораторных стендов, собранных на основе оборудования ведущих BACnet-совместимых производителей. На каждом лабораторном стенде реализована система автоматического управления приточной вентиляцией, построенная на оборудовании одного производителя. Система автоматизации построена по иерархическому принципу в соответствии со стандартом ISO 16484–2” и тремя уровнями автоматизации (полевой уровень, уровень автоматизации, уровень менеджмента).

Каждый уровень автоматизации на каждом стенде представлен оригинальным оборудованием одного из восьми ведущих производителей BACnet-совместимой автоматики, включая систему управления Supervisory for Control And Data Acquisition (SCADA). Все стенды объединены в единую сеть на базе протокола BACnet/Ethernet (BACnet/IP) с возможностью использования транспортных уровней ARCnet, MS/TP, LonTalk, ZigBee и Web-сервисов. Предусмотрена возможность построения изолированных сетей, а также нескольких сред передачи сигналов (MS/TP, Lon, ARCnet), применения маршрутизаторов, совмещенных с контроллерами иных производителей полевых устройств.

Кроме прочего, лаборатория предусматривает возможность создания системы централизованного управления оборудованием, в том числе – объединения оборудования всех стендов в единую систему с центральным пунктом управления по протоколу BACnet/IP и использованием системы SCADA.

Функциональные возможности лаборатории:

- проведение прикладных научных исследований и обучение созданию интегрированных систем управления комплексами зданий;
- проведение прикладных научных исследований в области функциональных возможностей оборудования во время эксплуатации;
- проведение прикладных научных исследований в области надежности, безопасности и качества функционирования неоднородной интероперабельной системы автоматизации управления инженерным оборудованием на базе открытого протокола BACnet;
- обучение принципам работы систем прямого цифрового управления (Direct Digital Control (DDC) operation);
- обучение программированию систем управления зданиями на всех уровнях;
- тестирования “multi-brand”-систем на интероперабельность.

Оборудование стендов позволяет реализовывать функции автоматического управления инженерным оборудованием в объеме и последовательности, оптимальных для организации учебного процесса, научных исследований, практических изысканий, опытно-конструкторских и экспертных инициатив.

Структура класса (стендов) предусматривает возможность реконструкции (наращивания возможностей) системы в процессе эксплуатации, в том числе – подключение дополнительного оборудования.

Элементы настоящего модуля зарегистрированы в виде объектов интеллектуальной собственности:

1. Пат. 114177, Российская Федерация, МПК G05B 17/00 (2006.01). Научно-исследовательский лабораторный комплекс проектирования и тестирования элементов автоматического управления инженерными системами [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2011137625; заявл. 13 сентября 2011 г.; опубл. 10 марта 2012 г. Бюл. №7. – 2 с.: ил.
2. Пат. 86640, Российская Федерация, МКПО 14-02, 10-05. Многофункциональный лабораторный испытательный стенд анализа потенциала интероперабельности систем автоматического управления инженерными системами зданий и комплексов [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2012502828; заявл. 13 августа 2012 г.; опубл. 16 октября 2013 г. Бюл. №10. – 4 с.: ил.
3. Пат. 86641, Российская Федерация, МКПО 14-02, 10-05. Лабораторный научно-исследовательский стенд моделирования систем автоматического управления энергосберегающими инженерными системами зданий и комплексов [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2012502829; заявл. 13 августа 2012 г.; опубл. 16 октября 2013 г. Бюл. №10. – 3 с.: ил.
4. Пат. 87283, Российская Федерация, МКПО 14-02, 10-05. Лабораторный стенд моделирования систем автоматического управления системами вентиляции зданий и комплексов [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2012502832; заявл. 13 августа 2012 г.; опубл. 16 декабря 2013 г. Бюл. №12. – 4 с.: ил.
5. Пат. 87284, Российская Федерация, МКПО 14-02, 10-05. Испытательный стенд тестирования интероперабельности систем автоматического управления инженерными системами зданий и комплексов [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2012502833; заявл. 13 августа 2012 г.; опубл. 16 декабря 2013 г. Бюл. №12. – 4 с.: ил.
6. Пат. 88482, Российская Федерация, МКПО 14-02, 10-05. Испытательный стенд тестирования технологий обмена данными систем автоматического управления [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2012502831; заявл. 13 августа 2012 г.; опубл. 16 апреля 2014 г. Бюл. №4. – 4 с.: ил.
7. Пат. 87282, Российская Федерация, МКПО 14-02, 10-05. Лабораторный стенд моделирования систем автоматического управления системами жизнеобеспечения зданий и комплексов [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2012502830; заявл. 13 августа 2012 г.; опубл. 16 декабря 2013 г. Бюл. №12. – 4 с.: ил.
8. Пат. 87627, Российская Федерация, МКПО 14-02, 10-05. Многофункциональный лабораторный стенд моделирования систем автоматического управления инженерными системами зданий и сооружений [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2012502835; заявл. 13 августа 2012 г.; опубл. 16 января 2013 г. Бюл. №1. – 4 с.: ил.
9. Пат. 86642, Российская Федерация, МКПО 14-02. Многофункциональный научно-исследовательский стенд энергосберегающих технологий в системах

*автоматического управления инженерными системами зданий и комплексов [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Челышков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2012502834; заявл. 13 августа 2012 г.; опубл. 16 октября 2013 г. Бюл. №10. – 4 с.: ил.*



Рис. 6 Общий вид Лаборатории диспетчеризации

### **Лаборатория управления системами отопления, вентиляции и кондиционирования**

Лаборатория включает в себя восемь оригинальных запатентованных лабораторных стендов, моделирующих управление системой отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Система управления построена на промышленных контроллерах ведущих мировых производителей: Beckhoff, Wago и WinPAC. Лабораторные стенды реализованы таким образом, что позволяют решать задачи автоматического управления используя контроллеры как одновременно всех трех производителей, так и каждого в отдельности, что позволяет отрабатывать алгоритмы управления сложными инженерными системами.

Функциональные возможности лаборатории:

- проведение прикладных научных исследований и обучение принципам управления системами отопления, вентиляции и кондиционирования;
- проведение прикладных научных исследований и обучение проектированию, настройке и эксплуатации систем управления, построенных на промышленных контроллерах;
- проведение прикладных научных исследований и обучение разработке алгоритмов управления системами отопления, вентиляции и кондиционирования в чрезвычайных ситуациях;

- проведение прикладных научных исследований и обучение проектированию систем поддержания микроклимата в «чистых» помещениях и помещениях с особыми требованиями к микроклимату;
- проведение прикладных научных исследований и обучение алгоритмам эксплуатации систем управления отоплением, вентиляцией и кондиционированием.
- 



Рис. 7 Общий вид Лаборатории управления системами отопления, вентиляции и кондиционирования

Элементы настоящего модуля зарегистрированы в виде объектов интеллектуальной собственности:

1. Пат. 111916, Российская Федерация, МПК G05B 17/00 (2006.01). Лабораторный испытательный стенд средств автоматики управления вентиляционными системами [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «МГСУ». – №2011137627; заявл. 13 сентября 2011 г.; опубл. 27 декабря 2011 г. Бюл. №36. – 2 с.: ил.
2. Пат. 84160, Российская Федерация, МКПО 14-02. Лабораторный испытательный стенд средств автоматики управления вентиляционными системами [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «МГСУ». – №2011503047; заявл. 06 октября 2011 г.; опубл. 16 января 2013 г. Бюл. №1. – 2 с.: ил.

### Лаборатория моделирования систем управления

Лаборатория включает в себя десять оригинальных запатентованных лабораторных стендов, позволяющих моделировать автоматическое управление любыми технологическими процессами и системами, а также собственно технологические процессы и системы. Два стенда, оснащены специальным оборудованием для имитации дискретных

и аналоговых сигналов, различных помех и прерываний. Каждый из двух стендов-имитаторов соединен с четырьмя лабораторными стендами, оснащенными свободно программируемыми контроллерами и наборами датчиков (датчик давления, датчик усилия, датчик температуры). Это позволяет на каждом из восьми стендов обрабатывать алгоритмы автоматического управления заданным технологическим процессом или системой. Архитектура решения позволяет наращивать систему управления имитируемым технологическим процессом любыми необходимыми устройствами.

Функциональные возможности лаборатории:

- проведение прикладных научных исследований и обучение принципам моделирования технологических процессов и систем;
- проведение прикладных научных исследований и обучение разработке систем управления технологическими процессами;
- проведение прикладных научных исследований и обучение подходам к верификации математических моделей объектов;
- проведение прикладных научных исследований и обучение работе с математическими и имитационными моделями реальных систем практике проектирования систем управления;
- проведение прикладных научных исследований и обучение организации сложных систем, объединяющих технологические процессы различной природы.

Элементы настоящего модуля зарегистрированы в виде объектов интеллектуальной собственности:

1. Пат. 114178, Российская Федерация, МПК G05B 17/00 (2006.01). Научно-исследовательский комплекс имитации систем автоматического управления технологическими процессами [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2011137626; заявл. 13 сентября 2011 г.; опубл. 10 марта 2012 г. Бюл. №7. – 2 с.: ил.
2. Пат. 84158, Российская Федерация, МКПО 14-02. Многофункциональный лабораторный стенд имитации систем автоматического управления технологическими процессами [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2011503045; заявл. 06 октября 2011 г.; опубл. 16 января 2013 г. Бюл. №1. – 2 с.: ил.
3. Пат. 84161, Российская Федерация, МКПО 14-02. Многофункциональный лабораторный стенд имитации технологических процессов [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2011503048; заявл. 06 октября 2011 г.; опубл. 16 января 2013 г. Бюл. №1. – 2 с.: ил.





Рис. 8 Общий вид Лаборатории моделирования систем управления

**Также разработаны дополнительные модули**, существенно расширяющие функционал и области применения лабораторно-испытательного стендового комплекса. Разработанные модули зарегистрированы в виде объектов интеллектуальной собственности:

1. Пат. 123548, Российская Федерация, МПК G05B 17/00 (2006.01). Научно-исследовательский испытательный лабораторный стенд автоматических систем пожарной сигнализации и аварийного управления инженерными системами зданий [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2012105026; заявл. 14 февраля 2012 г.; опубл. 27 декабря 2012 г. Бюл. №36. – 2 с.: ил.
2. Пат. 127210, Российская Федерация, МПК G05B 17/00 (2006.01). Научно-исследовательский лабораторный стенд систем автоматизации теплоснабжения зданий [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2012147018; заявл. 06 ноября 2012 г.; опубл. 20 апреля 2013 г. Бюл. №11. – 2 с.: ил.
3. Пат. 127223, Российская Федерация, МПК G09B 23/18 (2006.01). Научно-исследовательский лабораторный стенд верификации схем энергосбережения в системах электроснабжения зданий [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2012147017; заявл. 06 ноября 2012 г.; опубл. 20 апреля 2013 г. Бюл. №11. – 2 с.: ил.
4. Пат. 127492, Российская Федерация, МПК G05B 17/00 (2006.01). Научно-исследовательский стенд кроссплатформенных автоматизированных систем охраны и безопасности зданий и комплексов [Текст] / Волков А.А., Седов А.В.,

- Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2012147020; заявл. 06 ноября 2012 г.; опубл. 27 апреля 2013 г. Бюл. №12. – 2 с.: ил.
5. Пат. 156001, Российская Федерация, МПК G09B 23/18 (2006.01). Лабораторный стенд моделирования режимов работы системы автоматического управления электрогенерирующим оборудованием, использующим альтернативные источники энергии [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2015127879; заявл. 10 июля 2015 г.; опубл. 01 октября 2015 г. Бюл. №30. – 2 с.: ил.
6. Пат. 158086, Российская Федерация, МПК G05B 17/02 (2006/01). Научно-исследовательский лабораторный стенд верификации структуры системы энергоэффективного управления инженерными системами здания [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2015127878; заявл. 10 июля 2015 г.; опубл. 27 ноября 2015 г. Бюл. №35. – 2 с.: ил.

### Программный модуль имитационного моделирования

Структурная схема общей модели управления данными КСС, включающая 253 функциональных блока, приведена на рис. 9. Функциональный блок автоматизированного проектирования структур данных КСС обеспечивает процессы проектирования структур данных КСС, включая верификацию, а также программные и аппаратные средства. Функциональный блок обеспечивает формирование матрицы параметров строительных систем ( $A$ ), матрицы управляющих воздействий ( $B$ ) и матрицы возмущающих воздействий ( $C$ ) путём верификации формализованных зависимостей между параметрами строительных систем.

Также, функциональный блок автоматизированного проектирования структур данных КСС обеспечивает формирование матрицы сигналов параметров строительных систем ( $R$ ) согласно выражению (1), матрицы сигналов управления ( $D$ ) согласно выражению (2) и матрицы сигналов о возмущающих воздействиях ( $E$ ) согласно выражению (3).

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & \dots & r_{1r} \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{r1} & \dots & r_{rr} \end{pmatrix} \quad (1)$$

где  $r(a)$  – функции зависимости коэффициентов матрицы сигналов параметров строительных систем ( $R$ ) от коэффициентов матрицы параметров строительных систем ( $A$ ).

$$K = \begin{pmatrix} k_{11} & \dots & k_{1d} \\ \dots & \dots & \dots \\ k_{r1} & \dots & k_{rd} \end{pmatrix} \quad (2)$$

где  $k(b)$  – функции зависимости коэффициентов матрицы сигналов управления ( $K$ ) от коэффициентов матрицы управляющих воздействий ( $B$ ).

$$E = \begin{pmatrix} e_{11} & \dots & e_{1z} \\ \dots & \dots & \dots \\ e_{r1} & \dots & e_{rz} \end{pmatrix} \quad (3)$$

где  $e(c)$  – функции зависимости коэффициентов матрицы сигналов о возмущающих воздействиях ( $E$ ) от коэффициентов матрицы возмущающих воздействий ( $C$ ).

Источниками данных для рассматриваемого функционального блока являются рассмотренные выше вектор параметров строительных систем ( $\bar{S}$ ), вектор управляющих воздействий ( $\bar{U}$ ), вектор возмущающих воздействий ( $\bar{W}$ ), вектор сигналов о параметрах строительных систем ( $\bar{X}$ ), вектор целевых сигналов о параметрах строительных систем ( $\bar{X}_u$ ), вектор сигналов управления ( $\bar{Y}$ ) и вектор сигналов о возмущающих воздействиях ( $\bar{F}$ ).

Процессы автоматизированного проектирования программных и аппаратных средств КСС детально рассмотрены в главе 4 настоящей работы. Процессы верификации структур данных КСС детально рассмотрены в главе 6 настоящей работы.

Функциональные блоки определения объема информации осуществляют расчет объема информационных потоков  $H_{\bar{X}}$  по вектору сигналов о параметрах строительных систем ( $\bar{X}$ ),  $H_{\bar{Y}}$  по вектору сигналов управления ( $\bar{Y}$ ) и  $H_{\bar{F}}$  по вектору сигналов о возмущающих воздействиях ( $\bar{F}$ ).

Функциональные блоки имитации формирования сигналов управления обеспечивают формирование вектора сигналов управления ( $\bar{Y}$ ) на основе сформированных в функциональном блоке автоматизированного проектирования структур данных КСС матрицы сигналов параметров строительных систем ( $R$ ), матрицы сигналов управления ( $K$ ) и матрицы сигналов о возмущающих воздействиях ( $E$ ), а также значений вектора сигналов о параметрах строительных систем ( $\bar{X}$ ) или вектора импортированных значений сигналов о параметрах строительных систем ( $\bar{X}^o$ ), вектора целевых сигналов о параметрах строительных систем ( $\bar{X}_u$ ) или вектора импортированных значений целевых сигналов о параметрах строительных систем ( $\bar{X}_u^o$ ), вектора сигналов управления ( $\bar{Y}$ ) или вектора импортированных значений сигналов управления ( $\bar{Y}^o$ ) и вектору сигналов о возмущающих воздействиях ( $\bar{F}$ ) или вектора импортированных значений сигналов о возмущающих воздействиях ( $\bar{F}^o$ ).

Структура данных функционального блока имитации формирования сигналов управления может иметь вид (4) – (11).

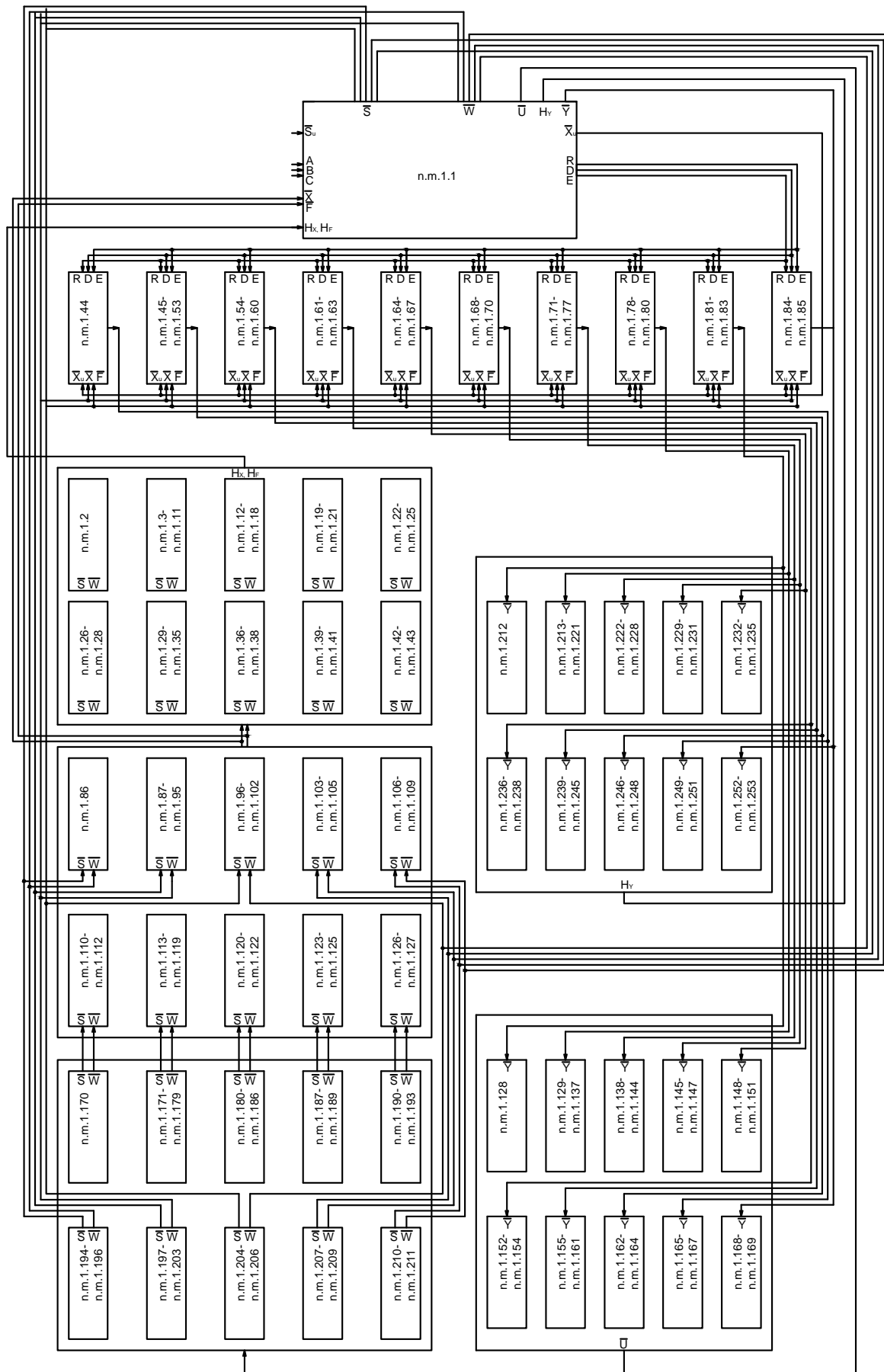


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**9  
 Общая модель управления данными КСС

В таблице 1 приведены наименования функциональных блоков рассматриваемой модели.

Таблица 1

Наименования функциональных блоков общей модели управления данными КСС

Обозначение	Наименование
n.m.1.1	Функциональный блок автоматизированного проектирования структур данных КСС
n.m.1.2	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем мониторинга состояния и управления конструкциями
n.m.1.3	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем выработки (добычи) воды
n.m.1.4	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем подготовки (очистки) воды
n.m.1.5	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем доставки воды (насосные станции)
n.m.1.6	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем распределения воды (водопроводная сеть)
n.m.1.7	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем сбора и очистки дождевой воды
n.m.1.8	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем оборотного водоснабжения
n.m.1.9	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем канализации
n.m.1.10	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем ливневой канализации
n.m.1.11	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем очистки стоков
n.m.1.12	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем производства (генерации) тепла
n.m.1.13	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем доставки тепла (теплоснабжения)
n.m.1.14	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем производства холода
n.m.1.15	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем доставки холода
n.m.1.16	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем отопления
n.m.1.17	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем вентиляции
n.m.1.18	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем кондиционирования воздуха
n.m.1.19	Функциональный блок определения объема информации о параметрах светопрозрачных конструкций
n.m.1.20	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем электроосвещения



n.m.1.21	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем дневного освещения с применением световодов
n.m.1.22	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем выработки (генерации) электроэнергии
n.m.1.23	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем трансформации электроэнергии
n.m.1.24	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем аккумулирования электроэнергии
n.m.1.25	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем распределения электроэнергии
n.m.1.26	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем хранения газа
n.m.1.27	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем подачи газа
n.m.1.28	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем распределения газа
n.m.1.29	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем телефонной связи
n.m.1.30	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем телеграфной связи
n.m.1.31	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем радиосвязи
n.m.1.32	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем телевизионной связи
n.m.1.33	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем спутниковой связи
n.m.1.34	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем компьютерной связи
n.m.1.35	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем факсимильной связи
n.m.1.36	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем вертикального транспорта
n.m.1.37	Функциональный блок определения объема информации о параметрах разгрузочно-погрузочных механизмов
n.m.1.38	Функциональный блок определения объема информации о параметрах транспортных средств
n.m.1.39	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем сигнализации
n.m.1.40	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем контроля и управления доступом
n.m.1.41	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем охраны периметра
n.m.1.42	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем пожаротушения

n.m.1.43	Функциональный блок определения объема информации о параметрах систем пожарной сигнализации
n.m.1.44	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем мониторинга состояния и управления конструкциями
n.m.1.45	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем выработки (добычи) воды
n.m.1.46	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем подготовки (очистки) воды
n.m.1.47	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем доставки воды (насосные станции)
n.m.1.48	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем распределения воды (водопроводная сеть)
n.m.1.49	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем сбора и очистки дождевой воды
n.m.1.50	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем оборотного водоснабжения
n.m.1.51	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем канализации
n.m.1.52	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем ливневой канализации
n.m.1.53	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем очистки стоков
n.m.1.54	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем производства (генерации) тепла
n.m.1.55	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем доставки тепла (теплоснабжения)
n.m.1.56	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем производства холода
n.m.1.57	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем доставки холода
n.m.1.58	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем отопления
n.m.1.59	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем вентиляции
n.m.1.60	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем кондиционирования воздуха
n.m.1.61	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для светопрозрачных конструкций
n.m.1.62	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем электроосвещения
n.m.1.63	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем дневного освещения с применением световодов
n.m.1.64	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем выработки (генерации) электроэнергии

n.m.1.65	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем трансформации электроэнергии
n.m.1.66	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем аккумулирования электроэнергии
n.m.1.67	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем распределения электроэнергии
n.m.1.68	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем хранения газа
n.m.1.69	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем подачи газа
n.m.1.70	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем распределения газа
n.m.1.71	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем телефонной связи
n.m.1.72	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем телеграфной связи
n.m.1.73	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем радиосвязи
n.m.1.74	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем телевизионной связи
n.m.1.75	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем спутниковой связи
n.m.1.76	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем компьютерной связи
n.m.1.77	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем факсимильной связи
n.m.1.78	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем вертикального транспорта
n.m.1.79	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для разгрузочно-погрузочных механизмов
n.m.1.80	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для транспортных средств
n.m.1.81	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем сигнализации
n.m.1.82	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем контроля и управления доступом
n.m.1.83	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем охраны периметра
n.m.1.84	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем пожаротушения
n.m.1.85	Функциональный блок имитации формирования сигналов управления для систем пожарной сигнализации
n.m.1.86	Функциональный блок имитации контроля параметров систем мониторинга состояния и управления конструкциями

n.m.1.87	Функциональный блок имитации контроля параметров систем выработки (добычи) воды
n.m.1.88	Функциональный блок имитации контроля параметров систем подготовки (очистки) воды
n.m.1.89	Функциональный блок имитации контроля параметров систем доставки воды (насосные станции)
n.m.1.90	Функциональный блок имитации контроля параметров систем распределения воды (водопроводная сеть)
n.m.1.91	Функциональный блок имитации контроля параметров систем сбора и очистки дождевой воды
n.m.1.92	Функциональный блок имитации контроля параметров систем оборотного водоснабжения
n.m.1.93	Функциональный блок имитации контроля параметров систем канализации
n.m.1.94	Функциональный блок имитации контроля параметров систем ливневой канализации
n.m.1.95	Функциональный блок имитации контроля параметров систем очистки стоков
n.m.1.96	Функциональный блок имитации контроля параметров систем производства (генерации) тепла
n.m.1.97	Функциональный блок имитации контроля параметров систем доставки тепла (теплоснабжения)
n.m.1.98	Функциональный блок имитации контроля параметров систем производства холода
n.m.1.99	Функциональный блок имитации контроля параметров систем доставки холода
n.m.1.100	Функциональный блок имитации контроля параметров систем отопления
n.m.1.101	Функциональный блок имитации контроля параметров систем вентиляции
n.m.1.102	Функциональный блок имитации контроля параметров систем кондиционирования воздуха
n.m.1.103	Функциональный блок имитации контроля параметров светопрозрачных конструкций
n.m.1.104	Функциональный блок имитации контроля параметров систем электроосвещения
n.m.1.105	Функциональный блок имитации контроля параметров систем дневного освещения с применением световодов
n.m.1.106	Функциональный блок имитации контроля параметров систем выработки (генерации) электроэнергии
n.m.1.107	Функциональный блок имитации контроля параметров систем трансформации электроэнергии
n.m.1.108	Функциональный блок имитации контроля параметров систем аккумулирования электроэнергии

n.m.1.109	Функциональный блок имитации контроля параметров систем распределения электроэнергии
n.m.1.110	Функциональный блок имитации контроля параметров систем хранения газа
n.m.1.111	Функциональный блок имитации контроля параметров систем подачи газа
n.m.1.112	Функциональный блок имитации контроля параметров систем распределения газа
n.m.1.113	Функциональный блок имитации контроля параметров систем телефонной связи
n.m.1.114	Функциональный блок имитации контроля параметров систем телеграфной связи
n.m.1.115	Функциональный блок имитации контроля параметров систем радиосвязи
n.m.1.116	Функциональный блок имитации контроля параметров систем телевизионной связи
n.m.1.117	Функциональный блок имитации контроля параметров систем спутниковой связи
n.m.1.118	Функциональный блок имитации контроля параметров систем компьютерной связи
n.m.1.119	Функциональный блок имитации контроля параметров систем факсимильной связи
n.m.1.120	Функциональный блок имитации контроля параметров систем вертикального транспорта
n.m.1.121	Функциональный блок имитации контроля параметров разгрузочно-погрузочных механизмов
n.m.1.122	Функциональный блок имитации контроля параметров транспортных средств
n.m.1.123	Функциональный блок имитации контроля параметров систем сигнализации
n.m.1.124	Функциональный блок имитации контроля параметров систем контроля и управления доступом
n.m.1.125	Функциональный блок имитации контроля параметров систем охраны периметра
n.m.1.126	Функциональный блок имитации контроля параметров систем пожаротушения
n.m.1.127	Функциональный блок имитации контроля параметров систем пожарной сигнализации
n.m.1.128	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем мониторинга состояния и управления конструкциями
n.m.1.129	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем выработки (добычи) воды
n.m.1.130	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем подготовки (очистки) воды



n.m.1.131	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем доставки воды (насосные станции)
n.m.1.132	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем распределения воды (водопроводная сеть)
n.m.1.133	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем сбора и очистки дождевой воды
n.m.1.134	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем оборотного водоснабжения
n.m.1.135	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем канализации
n.m.1.136	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем ливневой канализации
n.m.1.137	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем очистки стоков
n.m.1.138	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем производства (генерации) тепла
n.m.1.139	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем доставки тепла (теплоснабжения)
n.m.1.140	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем производства холода
n.m.1.141	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем доставки холода
n.m.1.142	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем отопления
n.m.1.143	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем вентиляции
n.m.1.144	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем кондиционирования воздуха
n.m.1.145	Функциональный блок имитации регулирования параметров светопрозрачных конструкций
n.m.1.146	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем электроосвещения
n.m.1.147	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем дневного освещения с применением световодов
n.m.1.148	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем выработки (генерации) электроэнергии
n.m.1.149	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем трансформации электроэнергии
n.m.1.150	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем аккумулирования электроэнергии
n.m.1.151	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем распределения электроэнергии
n.m.1.152	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем хранения газа

n.m.1.153	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем подачи газа
n.m.1.154	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем распределения газа
n.m.1.155	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем телефонной связи
n.m.1.156	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем телеграфной связи
n.m.1.157	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем радиосвязи
n.m.1.158	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем телевизионной связи
n.m.1.159	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем спутниковой связи
n.m.1.160	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем компьютерной связи
n.m.1.161	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем факсимильной связи
n.m.1.162	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем вертикального транспорта
n.m.1.163	Функциональный блок имитации регулирования параметров разгрузочно-погрузочных механизмов
n.m.1.164	Функциональный блок имитации регулирования параметров транспортных средств
n.m.1.165	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем сигнализации
n.m.1.166	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем контроля и управления доступом
n.m.1.167	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем охраны периметра
n.m.1.168	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем пожаротушения
n.m.1.169	Функциональный блок имитации регулирования параметров систем пожарной сигнализации
n.m.1.170	Функциональный блок имитации систем мониторинга состояния и управления конструкциями
n.m.1.171	Функциональный блок имитации систем выработки (добычи) воды
n.m.1.172	Функциональный блок имитации систем подготовки (очистки) воды
n.m.1.173	Функциональный блок имитации систем доставки воды (насосные станции)
n.m.1.174	Функциональный блок имитации систем распределения воды (водопроводная сеть)
n.m.1.175	Функциональный блок имитации систем сбора и очистки дождевой воды
n.m.1.176	Функциональный блок имитации систем оборотного водоснабжения

<i>n.m.1.177</i>	Функциональный блок имитации систем канализации
<i>n.m.1.178</i>	Функциональный блок имитации систем ливневой канализации
<i>n.m.1.179</i>	Функциональный блок имитации систем очистки стоков
<i>n.m.1.180</i>	Функциональный блок имитации систем производства (генерации) тепла
<i>n.m.1.181</i>	Функциональный блок имитации систем доставки тепла (теплоснабжения)
<i>n.m.1.182</i>	Функциональный блок имитации систем производства холода
<i>n.m.1.183</i>	Функциональный блок имитации систем доставки холода
<i>n.m.1.184</i>	Функциональный блок имитации систем отопления
<i>n.m.1.185</i>	Функциональный блок имитации систем вентиляции
<i>n.m.1.186</i>	Функциональный блок имитации систем кондиционирования воздуха
<i>n.m.1.187</i>	Функциональный блок имитации светопрозрачных конструкций
<i>n.m.1.188</i>	Функциональный блок имитации систем электроосвещения
<i>n.m.1.189</i>	Функциональный блок имитации систем дневного освещения с применением световодов
<i>n.m.1.190</i>	Функциональный блок имитации систем выработки (генерации) электроэнергии
<i>n.m.1.191</i>	Функциональный блок имитации систем трансформации электроэнергии
<i>n.m.1.192</i>	Функциональный блок имитации систем аккумулирования электроэнергии
<i>n.m.1.193</i>	Функциональный блок имитации систем распределения электроэнергии
<i>n.m.1.194</i>	Функциональный блок имитации систем хранения газа
<i>n.m.1.195</i>	Функциональный блок имитации систем подачи газа
<i>n.m.1.196</i>	Функциональный блок имитации систем распределения газа
<i>n.m.1.197</i>	Функциональный блок имитации систем телефонной связи
<i>n.m.1.198</i>	Функциональный блок имитации систем телеграфной связи
<i>n.m.1.199</i>	Функциональный блок имитации систем радиосвязи
<i>n.m.1.200</i>	Функциональный блок имитации систем телевизионной связи
<i>n.m.1.201</i>	Функциональный блок имитации систем спутниковой связи
<i>n.m.1.202</i>	Функциональный блок имитации систем компьютерной связи
<i>n.m.1.203</i>	Функциональный блок имитации систем факсимильной связи
<i>n.m.1.204</i>	Функциональный блок имитации систем вертикального транспорта
<i>n.m.1.205</i>	Функциональный блок имитации разгрузочно-погрузочных механизмов
<i>n.m.1.206</i>	Функциональный блок имитации транспортных средств
<i>n.m.1.207</i>	Функциональный блок имитации систем сигнализации
<i>n.m.1.208</i>	Функциональный блок имитации систем контроля и управления доступом
<i>n.m.1.209</i>	Функциональный блок имитации систем охраны периметра
<i>n.m.1.210</i>	Функциональный блок имитации систем пожаротушения
<i>n.m.1.211</i>	Функциональный блок имитации систем пожарной сигнализации

n.m.1.212	Функциональный блок определения объема информации управления для систем мониторинга состояния и управления конструкциями
n.m.1.213	Функциональный блок определения объема информации управления для систем выработки (добычи) воды
n.m.1.214	Функциональный блок определения объема информации управления для систем подготовки (очистки) воды
n.m.1.215	Функциональный блок определения объема информации управления для систем доставки воды (насосные станции)
n.m.1.216	Функциональный блок определения объема информации управления для систем распределения воды (водопроводная сеть)
n.m.1.217	Функциональный блок определения объема информации управления для систем сбора и очистки дождевой воды
n.m.1.218	Функциональный блок определения объема информации управления для систем оборотного водоснабжения
n.m.1.219	Функциональный блок определения объема информации управления для систем канализации
n.m.1.220	Функциональный блок определения объема информации управления для систем ливневой канализации
n.m.1.221	Функциональный блок определения объема информации управления для систем очистки стоков
n.m.1.222	Функциональный блок определения объема информации управления для систем производства (генерации) тепла
n.m.1.223	Функциональный блок определения объема информации управления для систем доставки тепла (теплоснабжения)
n.m.1.224	Функциональный блок определения объема информации управления для систем производства холода
n.m.1.225	Функциональный блок определения объема информации управления для систем доставки холода
n.m.1.226	Функциональный блок определения объема информации управления для систем отопления
n.m.1.227	Функциональный блок определения объема информации управления для систем вентиляции
n.m.1.228	Функциональный блок определения объема информации управления для систем кондиционирования воздуха
n.m.1.229	Функциональный блок определения объема информации управления для светопрозрачных конструкций
n.m.1.230	Функциональный блок определения объема информации управления для систем электроосвещения
n.m.1.231	Функциональный блок определения объема информации управления для систем дневного освещения с применением световодов
n.m.1.232	Функциональный блок определения объема информации управления для систем выработки (генерации) электроэнергии
n.m.1.233	Функциональный блок определения объема информации управления для систем трансформации электроэнергии

n.m.1.234	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем аккумулирования электроэнергии
n.m.1.235	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем распределения электроэнергии
n.m.1.236	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем хранения газа
n.m.1.237	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем подачи газа
n.m.1.238	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем распределения газа
n.m.1.239	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем телефонной связи
n.m.1.240	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем телеграфной связи
n.m.1.241	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем радиосвязи
n.m.1.242	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем телевизионной связи
n.m.1.243	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем спутниковой связи
n.m.1.244	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем компьютерной связи
n.m.1.245	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем факсимильной связи
n.m.1.246	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем вертикального транспорта
n.m.1.247	Функциональный блок определения объёма информации управления для разгрузочно-погрузочных механизмов
n.m.1.248	Функциональный блок определения объёма информации управления для транспортных средств
n.m.1.249	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем сигнализации
n.m.1.250	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем контроля и управления доступом
n.m.1.251	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем охраны периметра
n.m.1.252	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем пожаротушения
n.m.1.253	Функциональный блок определения объёма информации управления для систем пожарной сигнализации

$$R(\bar{X} - \bar{X}_u) + K \bar{Y} + E \bar{F} = p(\bar{X} - \bar{X}_u) \quad (4)$$

$$R(\bar{X} - \bar{X}_u) + K \bar{Y} + E \bar{F}^o = p(\bar{X} - \bar{X}_u) \quad (5)$$

$$R(\bar{X} - \bar{X}_u^o) + K \bar{Y} + E \bar{F} = p(\bar{X} - \bar{X}_u^o) \quad (6)$$

$$R(\bar{X} - \bar{X}_u^o) + K \bar{Y} + E \bar{F}^o = p(\bar{X} - \bar{X}_u^o) \quad (7)$$

$$R(\bar{X}^o - \bar{X}_u) + K \bar{Y} + E \bar{F} = p(\bar{X}^o - \bar{X}_u) \quad (8)$$

$$R(\bar{X}^o - \bar{X}_u) + K \bar{Y} + E \bar{F}^o = p(\bar{X}^o - \bar{X}_u) \quad (9)$$

$$R(\bar{X}^o - \bar{X}_u^o) + K \bar{Y} + E \bar{F} = p(\bar{X}^o - \bar{X}_u^o) \quad (10)$$

$$R(\bar{X}^o - \bar{X}_u^o) + K \bar{Y} + E \bar{F}^o = p(\bar{X}^o - \bar{X}_u^o) \quad (11)$$

Функциональные блоки имитации контроля параметров строительных систем обеспечивают формирование вектора сигналов о параметрах строительных систем ( $\bar{X}$ ) и вектора сигналов о возмущающих воздействиях ( $\bar{F}$ ) на основании получаемых от функциональных блоков имитации строительных систем значений вектора параметров строительных систем ( $\bar{S}$ ) и вектора возмущающих воздействий ( $\bar{W}$ ).

Функциональные блоки имитации регулирования параметров строительных систем обеспечивают формирование вектора управляющих воздействий ( $\bar{U}$ ) на основании значений вектора сигналов управления ( $\bar{Y}$ ) или вектора импортированных значений сигналов управления ( $\bar{Y}^o$ ). Таким образом, рассматриваемый функциональный блок имеет функциональную зависимость вида (12).

$$\bar{U} = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \dots \\ u_r \end{pmatrix} \quad (12)$$

Функциональные блоки имитации строительных систем обеспечивают формирование вектора сигналов параметра строительных систем ( $\bar{S}$ ) и вектора возмущающих воздействий ( $\bar{W}$ ) на основании вектора управляющих воздействий ( $\bar{U}$ ).

Программы для ЭВМ, реализующие на программном уровне Программный модуль имитационного моделирования, зарегистрированы в виде объектов интеллектуальной собственности:

1. Св. 2013612672, Российская Федерация, Программа перспективного энергетического моделирования зданий и комплексов [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2013610604; заявл. 28 января 2013 г.; рег. 11 марта 2013 г.; опубл. 20 июня 2013 г. Бюл. №2(84). – 1 с.
2. Св. 2013612673, Российская Федерация, Программа моделирования влияния комплекса температурно-влажностных факторов на характеристики энергетической эффективности инженерных систем зданий [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО

- “МГСУ”. – №2013610694; заявл. 28 января 2013 г.; рег. 11 марта 2013 г.; опубл. 20 июня 2013 г. Бюл. №2(84). – 1 с.
3. Св. 2013612674, Российская Федерация, Программа прогнозирования потребности в тепловой и электрической энергии системами кондиционирования воздуха зданий и комплексов в различных условиях эксплуатации [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО “МГСУ”. – №2013610635; заявл. 28 января 2013 г.; рег. 11 марта 2013 г.; опубл. 20 июня 2013 г. Бюл. №2(84). – 1 с.
  4. Св. 2013612675, Российская Федерация, Программа сценарной верификации энергетического баланса зданий и комплексов [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО “МГСУ”. – №2013610606; заявл. 28 января 2013 г.; рег. 11 марта 2013 г.; опубл. 20 июня 2013 г. Бюл. №2(84). – 1 с.
  5. Св. 2013612676, Российская Федерация, Программа моделирования энергоэффективного управления системой отопления, вентиляции и кондиционирования здания [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО “МГСУ”. – №2013610638; заявл. 28 января 2013 г.; рег. 11 марта 2013 г.; опубл. 20 июня 2013 г. Бюл. №2(84). – 1 с.
  6. Св. 2013612677, Российская Федерация, Программа моделирования интенсивности потерь (энергосбережения) тепловой энергии через ограждающие конструкции здания [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО “МГСУ”. – №2013610548; заявл. 28 января 2013 г.; рег. 11 марта 2013 г.; опубл. 20 июня 2013 г. Бюл. №2(84). – 1 с.
  7. Св. 2013612718, Российская Федерация, Программа перспективной оценки расхода тепловой и электрической энергии для энергосберегающих инженерных решений зданий и комплексов [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО “МГСУ”. – №2013610640; заявл. 28 января 2013 г.; рег. 11 марта 2013 г.; опубл. 20 июня 2013 г. Бюл. №2(84). – 1 с.
  8. Св. 2014660073, Российская Федерация, Программа имитационного моделирования режимов эксплуатации системы радиаторного отопления зданий [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО “МГСУ”. – №2014617754; заявл. 04 августа 2014 г.; рег. 01 октября 2014 г.; опубл. 20 октября 2014 г. Бюл. №10(96). – 1 с.
  9. Св. 2014619786, Российская Федерация, Программа имитационного моделирования режимов эксплуатации системы приточно-вытяжной вентиляции зданий [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО “МГСУ”. – №2014617700; заявл. 04 августа 2014 г.; рег. 22 сентября 2014 г.; опубл. 20 октября 2014 г. Бюл. №10(96). – 1 с.
  10. Св. 2014660227, Российская Федерация, Программа имитационного моделирования режимов эксплуатации системы воздушного отопления зданий [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО “МГСУ”. – №2014617701; заявл. 04 августа 2014 г.; рег. 02 октября 2014 г.; опубл. 20 октября 2014 г. Бюл. №10(96). – 1 с.
  11. Св. 2014619785, Российская Федерация, Программа имитационного моделирования способов рекуперации тепла в системах приточно-вытяжной вентиляции зданий [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Чельшиков П.Д., Лысенко Д.А.; заявитель и



- патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2014617699; заявл. 04 августа 2014 г.; рег. 22 сентября 2014 г.; опублик. 20 октября 2014 г. Бюл. №10(96). – 1 с.
12. Св. 2014660228, Российская Федерация, Программа имитационного моделирования теплофизических параметров процессов увлажнения в системах приточной вентиляции зданий [Текст] / Волков А.А., Седов А.В., Челышков П.Д., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2014617705; заявл. 04 августа 2014 г.; рег. 02 октября 2014 г.; опублик. 20 октября 2014 г. Бюл. №10(96). – 1 с.
13. Св. 2015619228, Российская Федерация, Программа имитационного моделирования режимов эксплуатации оросительных камер в системах приточной вентиляции зданий [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Седов А.В., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2015616091; заявл. 03 июля 2015 г.; рег. 27 августа 2015 г.; опублик. 20 сентября 2015 г. Бюл. №9(107). – 1 с.
14. Св. 2015619140, Российская Федерация, Программа имитационного моделирования режимов эксплуатации естественной вытяжной вентиляции зданий [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Седов А.В., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2015616057; заявл. 03 июля 2015 г.; рег. 25 августа 2015 г.; опублик. 20 сентября 2015 г. Бюл. №9(107). – 1 с.
15. Св. 2015619142, Российская Федерация, Программа имитационного моделирования режимов эксплуатации системы приточной вентиляции зданий [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Седов А.В., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2015616061; заявл. 03 июля 2015 г.; рег. 25 августа 2015 г.; опублик. 20 сентября 2015 г. Бюл. №9(107). – 1 с.
16. Св. 2015619229, Российская Федерация, Программа имитационного моделирования процесса рециркуляции воздуха в системах приточно-вытяжной вентиляции зданий, реализующих изотермическое увлажнение воздуха [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Седов А.В., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2015616068; заявл. 03 июля 2015 г.; рег. 27 августа 2015 г.; опублик. 20 сентября 2015 г. Бюл. №9(107). – 1 с.
17. Св. 2015619230, Российская Федерация, Программа имитационного моделирования процесса рециркуляции воздуха в системах приточно-вытяжной вентиляции зданий, реализующих адиабатическое увлажнение воздуха [Текст] / Волков А.А., Челышков П.Д., Седов А.В., Лысенко Д.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "МГСУ". – №2015616044; заявл. 03 июля 2015 г.; рег. 27 августа 2015 г.; опублик. 20 сентября 2015 г. Бюл. №9(107). – 1 с.