

На правах рукописи



КУЗИН Виктор Юрьевич

**МЕТОДЫ КРУГЛОГОДИЧНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЗДУШНО-  
ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ**

05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование  
воздуха, газоснабжение и освещение

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Пенза – 2016

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Научный руководитель: доктор технических наук  
**Бодров Михаил Валерьевич**

Официальные оппоненты:

**Дацюк Тамара Александровна**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», заведующая кафедрой строительной физики и химии

**Рымаров Андрей Георгиевич**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции

**Ведущая организация:** ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова».

Защита состоится 24.11.2016 г. в 13.30 часов на заседании диссертационного совета Д 212.184.02 при ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» по адресу: 440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28, корпус 1, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» и на сайте <http://dissovet.pguas.ru/>.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Бикунова Марина Викторовна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Приоритетной энергетической стратегией в Российской Федерации является снижение удельных затрат на производство энергетических ресурсов и повышения эффективности их использования за счет применения энергосберегающих технологий и мероприятий. Существующая в настоящее время нормативная база по нормированию, проектированию, строительству, наладке и эксплуатации систем обеспечения параметров микроклимата (СОМ) многоквартирных жилых домов (МЖД) предъявляет к данным системам повышенные санитарно-гигиенические, объемно-планировочные и энергосберегающие требования.

В мировой и отечественной практике проектирования современных активных (системы отопления и вентиляции) и пассивных (тепловой контур) СОМ МЖД отсутствует единый научно-обоснованный системный подход. Инженерная задача проектирования систем отопления и вентиляции МЖД в круглогодичном цикле эксплуатации не рассматривается как совместная. Проектирование систем отопления и вентиляции жилых домов выполняется независимо друг от друга, при этом конструкции элементов активных систем находятся в зависимости от выбранных инженерных мероприятий в области пассивных СОМ. Результатом этого являются: сложнопрогнозируемое отклонение фактических параметров микроклимата (температуры внутреннего воздуха и воздухообмена) от расчетных значений; необоснованное завышение или занижение тепловой мощности систем теплообеспечения; ухудшение качества жизни и здоровья проживающих; низкая эффективность типовых внедряемых энергосберегающих мероприятий.

Предлагаемый автором комплексный подход к обеспечению воздушно-теплого режима помещений основан на необходимости научного обоснования выделения МЖД в специальный класс зданий по нормированию, проектированию, конструированию и эксплуатации пассивных и активных элементов СОМ и отсутствию в настоящее время конкретных инженерных методик, позволяющих осуществлять выбор СОМ, способных поддерживать микроклиматические параметры помещений в круглогодичном цикле эксплуатации с заданной обеспеченностью.

**Актуальность темы исследования** заключается в разработке научно-обоснованных методик выбора границ применения и расчета энергоэффективных средств обеспечения нормируемого воздушно-теплого режима МЖД в круглогодичном цикле эксплуатации.

**Степень разработанности темы исследования.** Полученные результаты основываются на работах, посвященных организации воздушно-теплого режима в помещениях МЖД активными и пассивными СОМ и их энергетической эффективности, а также внешней и внутренней аэродинамике зданий следующих авторов: В.В. Батурина, В.Н. Богословского, Л.Д. Богуславского, Б.Ф. Васильева, М.М. Грудзинского, П.Н. Каменева, В.Е. Константиновой, В.Е. Коренькова, М.А. Латышенкова, И.Ф. Ливчака, В.Е. Лицкевича, Е.Г. Малявиной, М.Я. Поза, Э.И. Реттера, Ф.Л. Серебровского, Ю.А. Табунщикова, В.Н. Талиева, В.П. Титова и др. Результаты изучения теплового комфорта человека изложены в работах отечественных и зарубежных ученых, таких как: Т. Бедфорд, А.П. Гейг, М.С. Горомосов,

П.Е. Мак Налл, С. Олесен, Р.Г. Невинс, П.О. Фангер и др. Исследованиями в области определения требуемого воздухообмена в разные годы занимались: Д.Ш. Биллингс, Ж.Л. Гей-Люссак, А. Зельтцер, С. Майклем, А.Л. Лавуазье, В.Х. Лемберг, М. Фон Петтенкофер, Д. Пристли, Д.Ж. Тредгольд, К. Флюгге и др.

Приведенные в рассмотренных работах данные имеют различную степень проработанности в области учета обеспеченности параметров микроклимата и воздухообмена как фактора выбора конкретных сочетаний совместно работающих активных и пассивных СОМ МЖД. Указанные в них инженерные решения требуют уточнения и конкретизации в части соответствия современным технологиям строительства и требованиям к обеспеченности воздушно-теплого режима помещений.

**Цель работы.** Научное обоснование методов создания и поддержания параметров микроклимата и воздухообмена с заданной обеспеченностью в помещениях многоквартирных жилых домов в круглогодичном цикле эксплуатации при минимальных энергозатратах.

Для достижения поставленной цели решался комплекс **задач исследования.**

1. Проведение системного анализа нормирования и расчета формирования комфортных условий в помещениях МЖД, конструктивных решений пассивных и активных элементов систем обеспечения параметров микроклимата, аэродинамических и теплофизических характеристик сооружений в круглогодичном цикле эксплуатации для конкретизации границ их эффективной работы.

2. Экспериментальные лабораторные исследования по определению количественных показателей аэродинамических коэффициентов на фасадах и кровле жилых зданий различной этажности и объемно-планировочных решений для расчета граничных условий эффективной эксплуатации систем естественной и механической вентиляции на стадии проектирования.

3. Разработка методики расчета и программного комплекса для определения фактических значений коэффициентов обеспеченности воздухообменов системами естественной вентиляции помещений жилых домов с получением аналитических и графических зависимостей границ эффективной работы систем для различных климатических регионов страны.

4. Оценка влияния параметров наружного воздуха (температуры и подвижности) на тепловой баланс и допустимый температурный режим помещений с системами естественной вентиляции.

5. Разработка методики расчета коэффициентов обеспеченности нормативных температурных и воздушных режимов помещений многоквартирных жилых домов по типовым сочетаниям производительности и конструктивному исполнению систем отопления и вентиляции для всех регионов страны.

6. Научное обоснование применения показателя потенциала энергетической эффективности конкретных типовых энергосберегающих мероприятий: процента снижения суммы удельной теплозащитной и вентиляционной характеристик многоквартирного жилого дома  $N$ , %.

**Объектом исследований** являются активные и пассивные системы обеспечения параметров микроклимата многоквартирных жилых домов.

**Предметом исследования** является определение научно- и практически обоснованных границ эффективной работы систем приточно-вытяжной вентиляции в сочетании с типовыми решениями отопительных систем для обеспечения воздушного и теплового режимов в помещениях МЖД в круглогодичном цикле эксплуатации, возводимых в различных климатических регионах страны, а также выявление степени обеспеченности комфортных условий и критериев выбора приоритетных направлений повышения энергоэффективности систем обеспечения параметров микроклимата при проектировании и реконструкции жилого фонда.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в следующем.

1. Численном определении границ эффективной работы систем приточно-вытяжной вентиляции МЖД, расположенных в различных климатических зонах РФ, в круглогодичном цикле эксплуатации исходя из полученных значений среднегодовых и месячных коэффициентов обеспеченности воздухообмена.

2. Получении аналитических зависимостей для расчета коэффициентов обеспеченности температурного и воздушного режимов помещений МЖД, позволяющих проводить выбор типовых сочетаний отопительно-вентиляционных систем для поддержания санитарно-гигиенических требований к параметрам микроклимата в круглогодичном цикле эксплуатации.

3. Получении универсальных зависимостей по определению приоритетных направлений повышения энергетической эффективности систем обеспечения параметров микроклимата проектируемых и реконструируемых МЖД с их классификацией на основе предложенного автором показателя потенциала наибольшей энергоэффективности.

**Теоретическая и практическая значимость диссертации.**

1. Предлагается отличная от существующих методика расчета режимов работы естественных вентиляционных каналов, учитывающая их функционирование в круглогодичном режиме эксплуатации, с учетом реальных метеорологических условий. По результатам расчетов с помощью предлагаемой методики получены аналитические и графические (карты) значения фактических среднегодовых и месячных коэффициентов обеспеченности воздухообмена МЖД для городов РФ, позволяющие определить границы эффективной работы естественных систем вентиляции и области эксплуатации естественно-механических систем.

2. Разработана методика расчета коэффициентов обеспеченности температурного режима (температуры внутреннего воздуха и допустимого перепада температуры приточной струи) помещений МЖД, расположенных в различных климатических зонах, позволяющая проводить выбор типовых сочетаний отопительно-вентиляционных систем для поддержания санитарно-гигиенических требований к микроклимату в круглогодичном цикле эксплуатации.

3. Предложена универсальная методика определения наибольшего потенциала энергетической эффективности МЖД различной этажности и объемно-планировочных решений, расположенных в различных климатических зонах, позволяющая на основании анализа конкретных удельных отопительно-вентиляционных характеристик определять и классифицировать приоритетные направления повышения энергоэффективности жилого фонда. Разработаны реко-

мендации по внедрению конкретных энергосберегающих мероприятий с расчетом сроков окупаемости для вновь проектируемых и реконструируемых МЖД.

**Методология и методы диссертационного исследования** включали системный анализ результатов, по возможности разносторонне характеризующих проблему для взаимопроверки и достоверности окончательных рекомендаций, полученных путем комплексных теоретических и экспериментальных исследований, заключавшихся в: изучении научной и специальной литературы и документации по тематике исследований; проведении расчетов по результатам обработки статистических данных с помощью компьютерных программ; получении и анализе данных по результатам испытаний моделей МЖД в аэродинамической трубе; сопоставлением полученных теоретических и экспериментальных результатов с известными в научной, справочной и специальной литературе данными.

**На защиту выносятся** следующие положения.

1. Методика расчета режимов работы естественных вентиляционных каналов, учитывающая их функционирование в круглогодичном режиме эксплуатации с учетом реальных метеорологических условий.

2. Аналитические и графические (карты) значения фактических среднегодовых и месячных коэффициентов обеспеченности воздухообмена МЖД, позволяющие определить границы эффективной работы естественных систем вентиляции и области эксплуатации естественно-механических (гибридных) систем для всех административных округов РФ.

3. Методика расчета коэффициентов обеспеченности температурного режима (температуры внутреннего воздуха и допустимого перепада между температурой приточной струи и внутреннего воздуха) помещений МЖД, расположенных в различных климатических зонах, позволяющая проводить выбор типовых сочетаний отопительно-вентиляционных систем для поддержания санитарно-гигиенических требований к микроклимату в круглогодичном цикле эксплуатации.

4. Методика определения наибольшего потенциала энергоэффективности МЖД различных объемно-планировочных решений и этажности, расположенных в различных климатических зонах, позволяющая на основании анализа конкретных удельных отопительно-вентиляционных характеристик определять и классифицировать приоритетные направления повышения энергоэффективности жилья.

5. Практические рекомендации по внедрению конкретных энергосберегающих мероприятий с расчетом сроков окупаемости для вновь проектируемых и реконструируемых МЖД.

**Достоверность результатов исследования** обеспечивается использованием фундаментальных научных положений и законов теплообмена, строительной теплофизики, внешней и внутренней аэродинамики зданий. Применены современные общепринятые методики экспериментальных исследований в области исследования внешней аэродинамики зданий. Испытания моделей жилых домов проводились с использованием поверенного оборудования и приборов с последующим сопоставлением полученных результатов с приведенными в научной и справочной литературе по тематике исследования.

**Апробация результатов.** Основные положения и результаты исследований докладывались и обсуждались на: XI международной научной конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды» (23 марта – 5 апреля 2013 г., г. Ханой (Вьетнам)); 15 международном научно-промышленном форуме «Великие реки» (2013 г., г. Н. Новгород); XI образовательно-промышленном форуме «Инновационное образование – локомотив технического прорыва России» в рамках международного бизнес-саммита (2013 г., г. Н. Новгород); V международной научно-технической конференции «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции» (20-22 ноября 2013 г., г. Москва, МГСУ); XII международной научной конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды» (23 марта – 3 апреля 2014 г., г. Хайфа (Израиль)); международной конференции – академических чтениях «Строительная физика. Системы обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях» (2014 г., г. Москва, МГСУ); 16 международном научно-промышленном форуме «Великие реки» (2014 г., г. Н. Новгород); 17 международном научно-промышленном форуме «Великие реки» (2015 г., г. Н. Новгород); XIII международной научной конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды» (15 марта – 28 апреля 2015 г., г. Сиань (КНР)); 17 международном научно-промышленном форуме «Великие реки» (2015 г., г. Н. Новгород); международной научной конференции «Актуальные вопросы строительной физики. Энергосбережение. Надежность строительных конструкций и экологическая безопасность» (2015 г., г. Москва); VI международной научно-технической конференции «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции» (25-27 ноября 2015 г., г. Москва, МГСУ); 18 международном научно-промышленном форуме «Великие реки» (2016 г., г. Н. Новгород).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 18 работ, в том числе в рецензируемых журналах 6, одно учебно-методическое пособие, получено 2 свидетельства о регистрации результатов интеллектуальной деятельности, охраняемых в режиме коммерческой тайны («НОУ-ХАУ»).

**Личный вклад автора** заключается в формировании общей идеи и цели работы, проведении теоретических изысканий, выполнении экспериментальных и натурных исследований, обобщении их результатов, разработке практических методик и прикладных программ, выдаче практических рекомендаций.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа изложена на 151 странице машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка использованной литературы и 5 приложений. Список использованной литературы включает 191 источник, в т. ч. 30 зарубежных авторов. Иллюстрационный материал содержит 71 рисунок, 33 таблицы в тексте.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность работы, сформулированы основные цели и задачи исследования, представлена научная новизна и практическая значимость полученных результатов, положения, выносимые на защиту, общая характеристика и структура работы.

В **первой главе** содержится аналитический обзор научно-технического состояния проблематики обеспечения параметров микроклимата и энергосбережения в многоквартирных жилых домах, а именно:

1) существующего нормирования параметров микроклимата в помещениях МЖД, основанного на тепловом балансе тела человека, предложенного профессором П.О. Фангером, шкале чувствительности человека к температуре и базовых показателях аналитического определения и интерпретации комфортности теплового режима помещений: прогнозируемой средней оценке качества воздушной среды; прогнозируемого процента недовольных температурной средой;

2) методы определения необходимого воздухообмена и сравнительный анализ расчетных воздухообменов в помещениях МЖД в Российской Федерации и странах Европы, основанные на удельных нормах воздухообмена и на обеспечении допустимой концентрации вредных веществ во внутреннем воздухе;

3) типовых схем систем отопления и вентиляции применяемых для поддержания воздушно-теплового режима помещений МЖД в РФ и странах Европы, их основных конструктивных элементов и средств регулирования;

4) существующих требований к тепловой защите наружных ограждающих конструкций МЖД в РФ и странах Европы, показывающих, что создание энергетически эффективных жилых домов в РФ невозможно без комплексного подхода, включающего определение наибольшего потенциала энергоэффективности СОМ.

На основании выполненного аналитического обзора проведена постановка цели и задач настоящего исследования.

Во **второй главе** представлены результаты анализа влияния неорганизованного воздухообмена в помещениях МЖД имеющие наружные и внутренние ограждающие конструкции, которые соответствуют существующим требованиям к воздухопроницаемости.

В главе обоснованы граничные условия (1) конструктивного исполнения вытяжных вентиляционных каналов систем естественной вентиляции, выполнение которых обеспечивает устойчивый режим работы и предотвращение неорганизованного перетекания воздуха между обслуживаемыми помещениями:

$$\left| \frac{P_{pI}}{P_{pII}} \right| 100 \leq 5 \% ; \quad \left| \frac{\Delta p_{отв}}{P_{p,р.пом}} \right| \geq \frac{2}{3} . \quad (1)$$

Доказано, что соблюдение предложенных условий (1) достигается присоединением к коллектору системы естественной вентиляции не более 4-х вентиляционных каналов и устройством индивидуальных вентиляционных каналов для обслуживания помещений 4-х верхних этажей МЖД, не зависимо от этажности здания.



Для проведения расчетов граничных условий эффективной эксплуатации систем естественной и механической вентиляции были проведены экспериментальные лабораторные исследования по определению количественных значений аэродинамических коэффициентов  $c_v$  на фасадах и кровлях современных жилых зданий различной этажности.

В главе приведена последовательность и представлены результаты экспериментального определения значений аэродинамических коэффициентов 11 моделей современных МЖД (рисунки 1 и 2) в аэродинамической трубе (рисунок 3), выполненных из пластика *PLA* с помощью 3D-принтера, и дренированных силиконовыми трубками для проведения комплекса измерений.

Существующие исследования в области внешней аэродинамики зданий показывают, что аэродинамические коэффициенты  $c_v$  реальных зданий и их моделей практически не зависят от скорости потока воздуха и масштаба модели. Автономность полученных результатов аэродинамических коэффициентов относительно критерия Рейнольдса  $Re$  связана с наличием острых кромок, являющихся фиксированными точками отрыва воздушного потока. Испытанные модели МЖД имеют не обтекаемую форму, это позволило принимать, что полученные значения аэродинамических коэффициентов не зависят от критерия  $Re$ , а являются функцией только геометрической формы здания и направления набегающего ветрового потока. Данное утверждение позволяет использовать полученные значения коэффициентов  $c_v$  при проведении инженерных расчетов внутренней аэродинамики реальных жилых домов.

Полученные и приведенные в диссертационной работе аэродинамические коэффициенты имеют хорошую сходимость с известными экспериментальными результатами и являются одним из необходимых параметров для определения фактических воздухообменов в помещениях МЖД.

Представлена разработанная автором методика и программный комплекс «Программа расчета №1» для определения фактических значений располагаемых давлений  $p_{ф.р}$ , Па, и воздухообменов в помещениях жилых домов  $L_{ф}$ , м<sup>3</sup>/ч, с использованием полученных аэродинамических коэффициентов и путем обработки статистических метеорологических данных (температуры наружного воздуха, направления и скорости ветрового потока) по формуле:

$$L_{ф} = L_{р} \sqrt{\frac{p_{ф.р}}{p_{р.р}}} = L_{р} \sqrt{\frac{(\rho_{ф.нi} - \rho_{в}) H_{р} g + (k_{вxi} c_{вxi} - k_{выxi} c_{выxi}) \rho_{ф.нi} \frac{v_{ветри}^2}{2}}{(\rho_{р.н} - \rho_{в}) H_{р} g + (k_{р.вх} c_{р.вх} - k_{р.вых} c_{р.вых}) \rho_{р.н} \frac{v_{р}^2}{2}}}. \quad (2)$$

Результаты определения фактических значений гравитационного, ветрового и располагаемого давлений для вентиляционного канала в метеорологических условиях г. Н. Новгорода показаны на рисунке 4.

Конечной задачей расчета фактических воздухообменов по предложенной методике является определение величины годовых и месячных коэффициентов обеспеченности расчетного воздухообмена в помещениях МЖД  $n_{L \text{ год}}$  и  $n_{L \text{ мес}}$ , %.



Рисунок 1 – испытанная модель современного 9-ти этажного МЖД



Рисунок 2 – испытанная модель современного 5-ти этажного МЖД

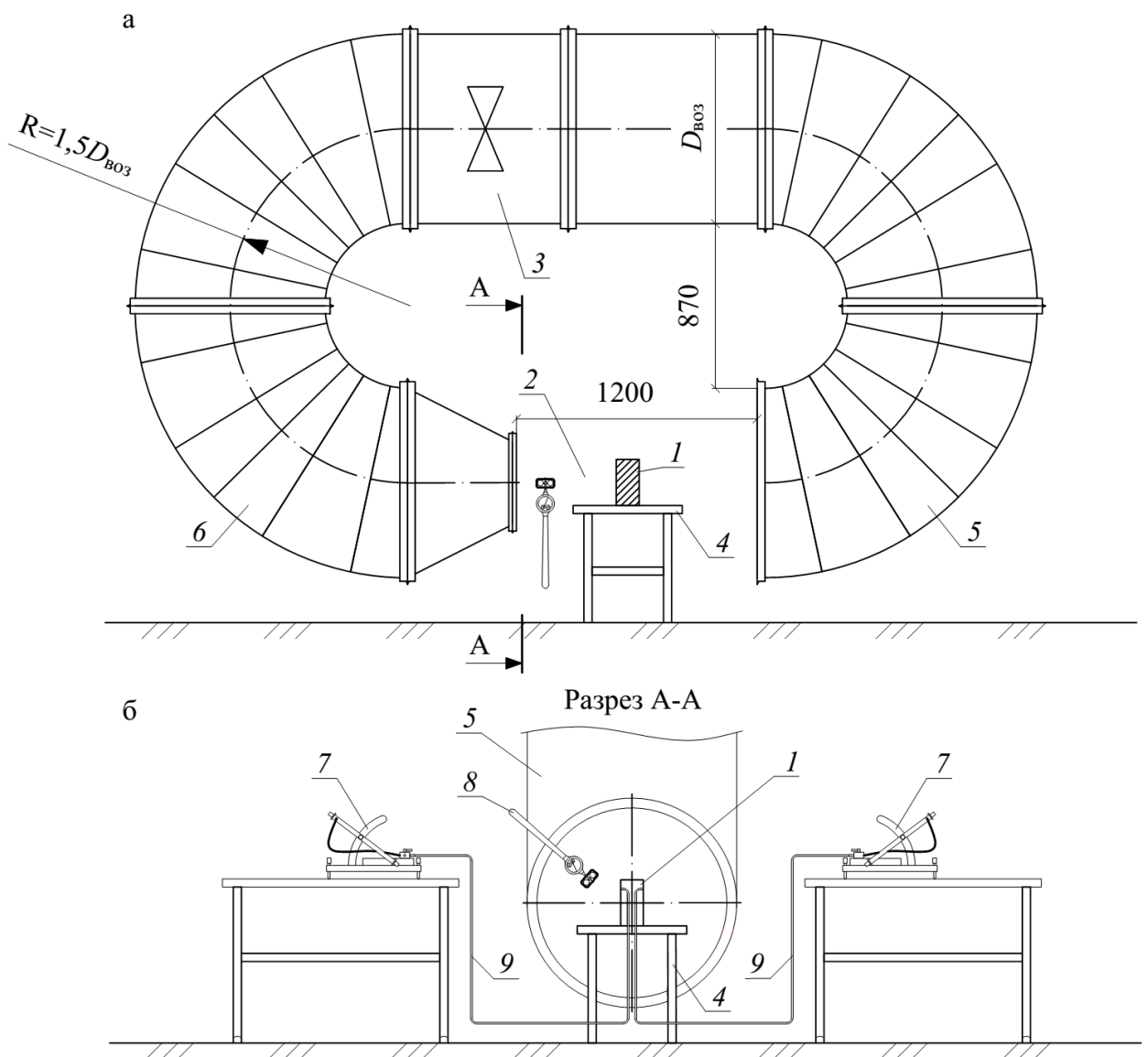


Рисунок 3 – Схема аэродинамической трубы: а – общий вид установки; б – разрез А-А; 1 – исследуемая модель объекта; 2 – рабочая область аэродинамической трубы; 3 – осевой высоконапорный вентилятор; 4 – подставка под модель; 5, 6 – всасывающий и нагнетательный воздуховоды, соответственно; 7 – микроманометры ММН-240 (5)-1,0; 8 – чашечный анемометр МС-13; 9 – измерительная трубка

Годовые и месячные коэффициенты обеспеченности расчетного воздухообмена  $n_{L \text{ год}}$  и  $n_{L \text{ мес}}$ , % определяются по зависимостям:

$$n_{L \text{ год}} = \frac{\sum n_{L+i \text{ год}}}{\sum n_{L+i \text{ год}} + \sum n_{L-i \text{ год}}} 100; \quad n_{L \text{ мес}} = \frac{\sum n_{L+i \text{ мес}}}{\sum n_{L+i \text{ мес}} + \sum n_{L-i \text{ мес}}} 100. \quad (3)$$

По предложенной методике расчета автором получены и представлены на рисунке 5 результаты анализа осредненных по базовым ориентациям коэффициентов обеспеченности воздухообмена в помещениях 5-го этажа 9-ти этажного МЖД в г. Н. Новгороде по месяцам, за период с 1999 по 2014 гг. для вентиляционных каналов, рассчитанных на гравитационное давление при расчетных температурах наружного воздуха  $t_{p,n} = 5, 10$  и  $15$  °С, позволяющие установить границы эффективной работы систем естественной, естественно-механической и механической вентиляции в круглогодичном цикле эксплуатации.

Основными практическими результатами применения разработанной автором методики является возможность получения аналитических и графических (карт) значения фактических среднегодовых и месячных коэффициентов обеспеченности воздухообмена  $n_L$ , %, МЖД для 114 городов РФ и для 49 административных центров Нижегородской области, позволяющие оценить эффективность работы вентиляционных каналов систем естественной и естественно-механической (гибридной) вентиляции в течение года и в отдельные месяцы с учетом фактических метеорологических данных за последние 10 лет их измерений (2005...2015 гг.). Результаты зонирования регионов РФ по среднегодовому коэффициенту обеспеченности воздухообмена  $n_{L \text{ год}}$  и по числу месяцев эффективной работы вентиляционных каналов для МЖД с системами естественной вентиляции, рассчитанных на гравитационное давление при  $t_{p,n} = 5$  °С, представлены на рисунках 6 и 7.

Проведен анализ режимов работы естественно-механических, механических вытяжных и механических приточно-вытяжных систем вентиляции МЖД в зависимости от фактического естественного располагаемого давления  $p_{ф.р.}$ , Па, на рассматриваемом этаже МЖД и давления вытяжного вентилятора  $P_{\text{вент}}$ , Па. Сделан вывод, что для избежания опрокидывания системы механической вытяжной вентиляции (4) и возникновения нерасчетного воздухообмена (5) в помещениях на отдельных этажах МЖД достаточно соблюдения следующих соответствующих условий:

$$p_{ф.р.} \leq 0,2P_{\text{вент}}; \quad (4)$$

$$p_{ф.р.} \leq 0,05P_{\text{вент}}, \quad (5)$$

На основе полученных данных в главе 2 предложена классификация систем естественной, естественно-механической и механической вентиляции (таблица 1) по среднегодовому коэффициенту обеспеченности воздухообмена для метеорологических условий г. Н. Новгорода, характерных для всего Верхнего Поволжья, которая может быть использована для расчетного обоснования применения конкретных систем вентиляции в зданиях с точки зрения поддержания микроклиматических параметров с требуемой обеспеченностью в помещениях с различным заявленным уровнем комфорта, а также для оценки фактического температурного режима в помещениях МЖД, эффективности внедряемых энергосберегающих мероприятий и потребления расходуемых энергетических ресурсов.

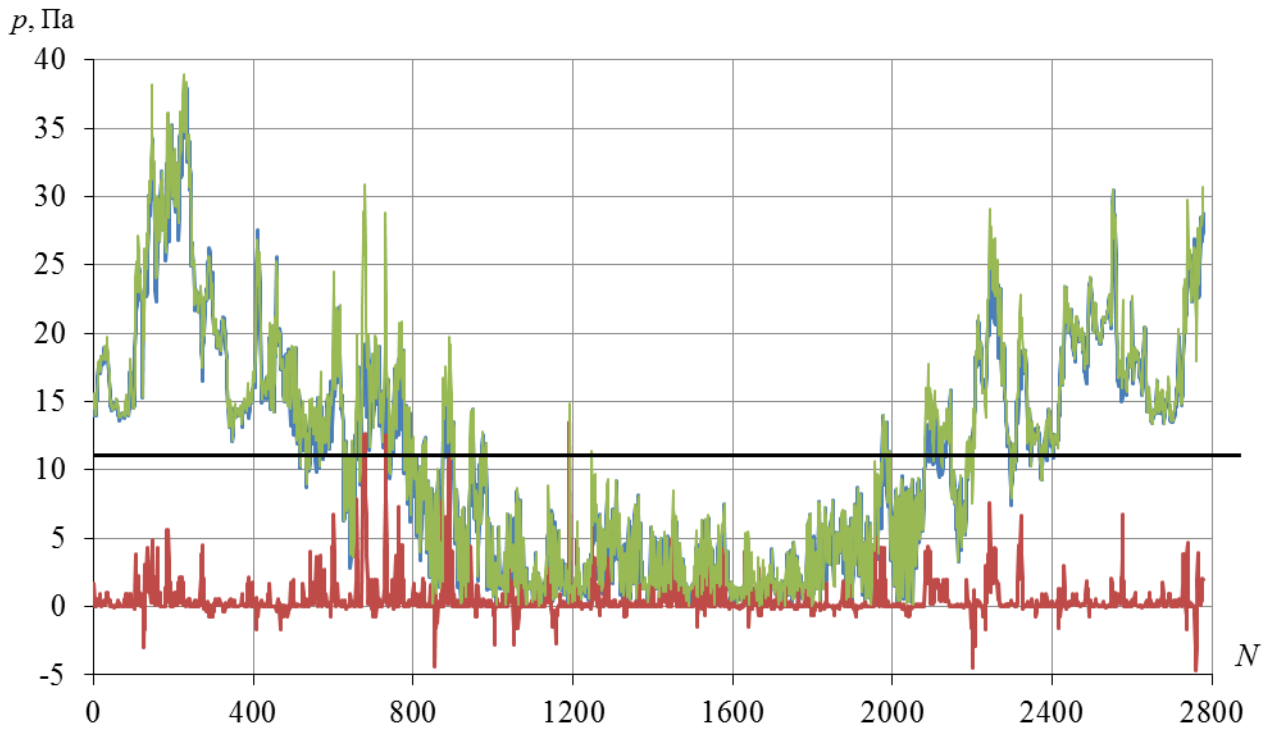


Рисунок 4 – Изменение давлений в 2014 г. для помещения 5-го этажа односекционного 9-ти этажного МЖД: —  $p_{\text{ветр}}$ ; —  $p_{\text{г}}$ ; —  $p_{\text{ф.р}}$ ; —  $p_{\text{р.р}}$ ;  $N$  – номер измерения метеорологических данных с 01.01.14 по 31.12.14

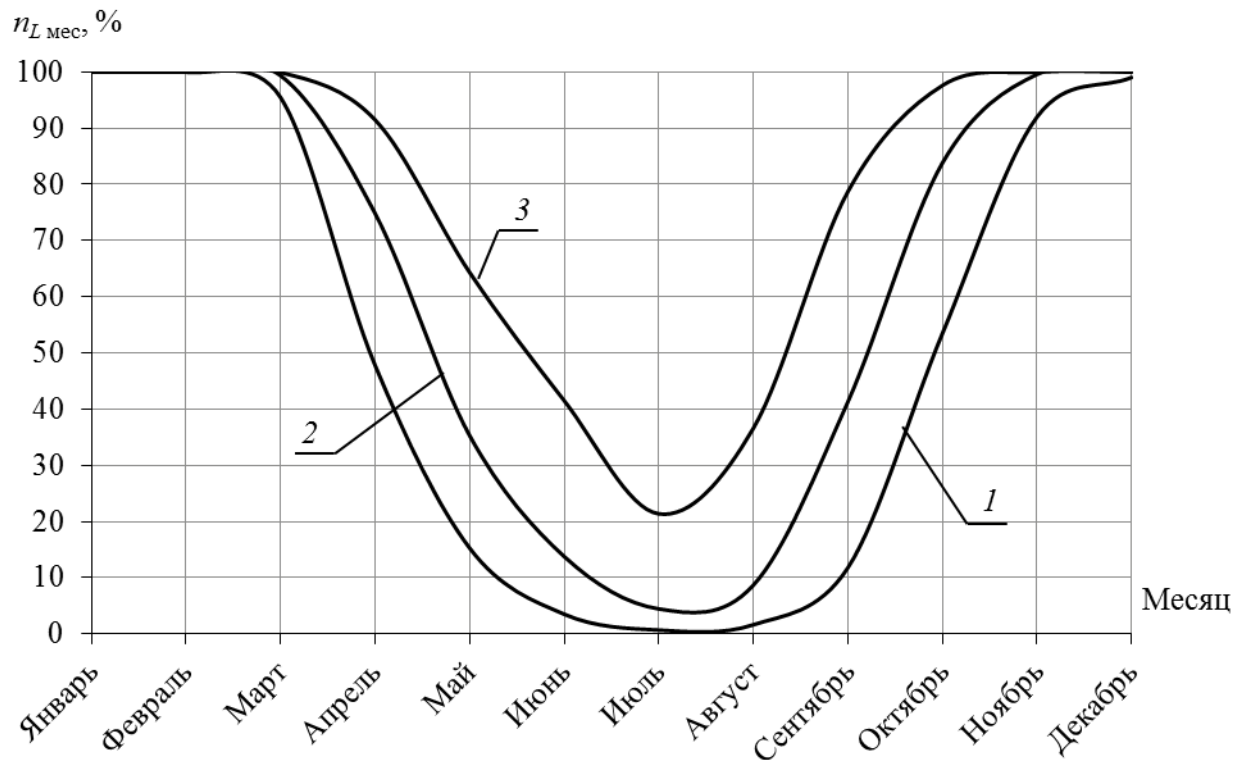


Рисунок 5 – Осредненный коэффициент обеспеченности воздухообмена  $n_{L \text{ мес}}$  помещения 5-го этажа 9-ти этажного МЖД в г. Н. Новгороде по месяцам, за период с 1999 по 2014 гг. при наличии вентиляционного канала, рассчитанного на действие только гравитационного давления и следующие температуры наружного воздуха: 1 –  $t_{\text{р.н}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 2 –  $t_{\text{р.н}} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 3 –  $t_{\text{р.н}} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

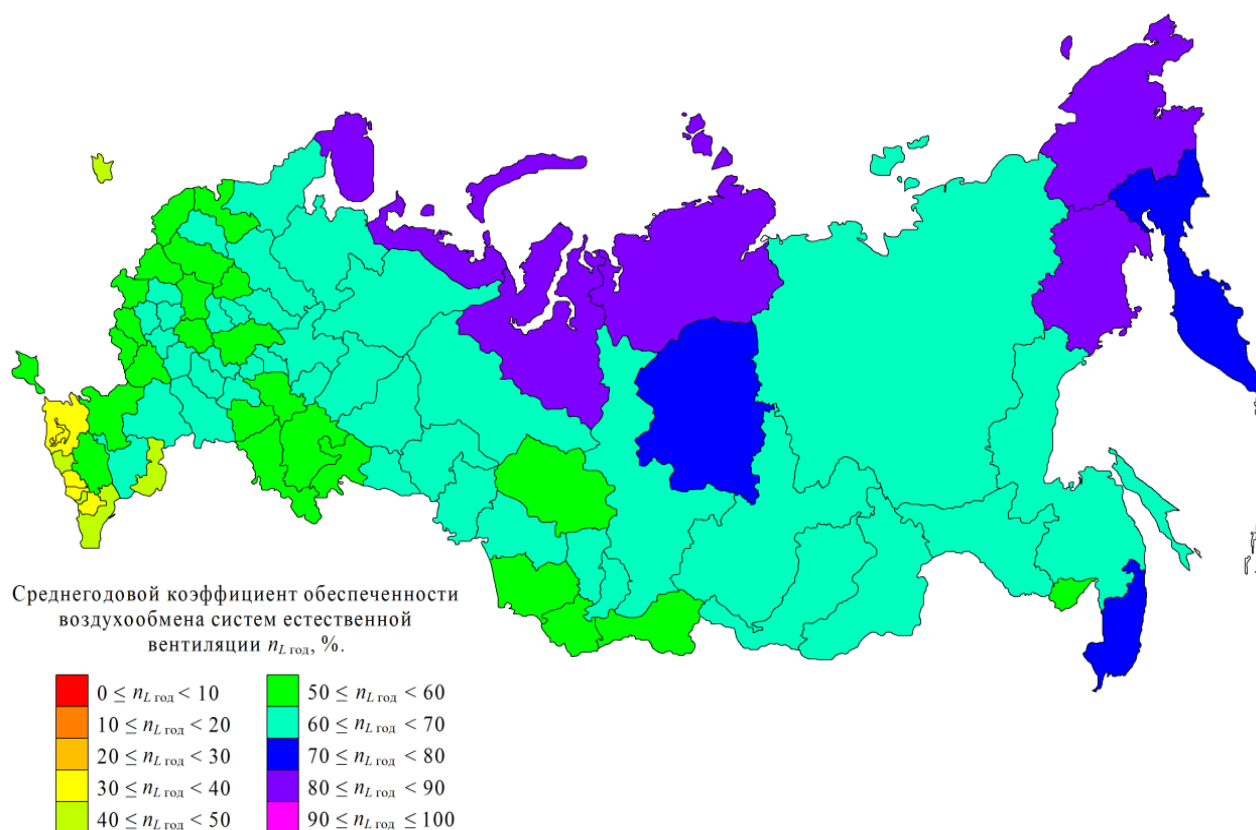


Рисунок 6 – Зонирование регионов РФ по среднегодовому коэффициенту  $n_{L, \text{год}}$  для МЖД с системами естественной вентиляции, рассчитанных на гравитационное давление при  $t_{p,н} = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$

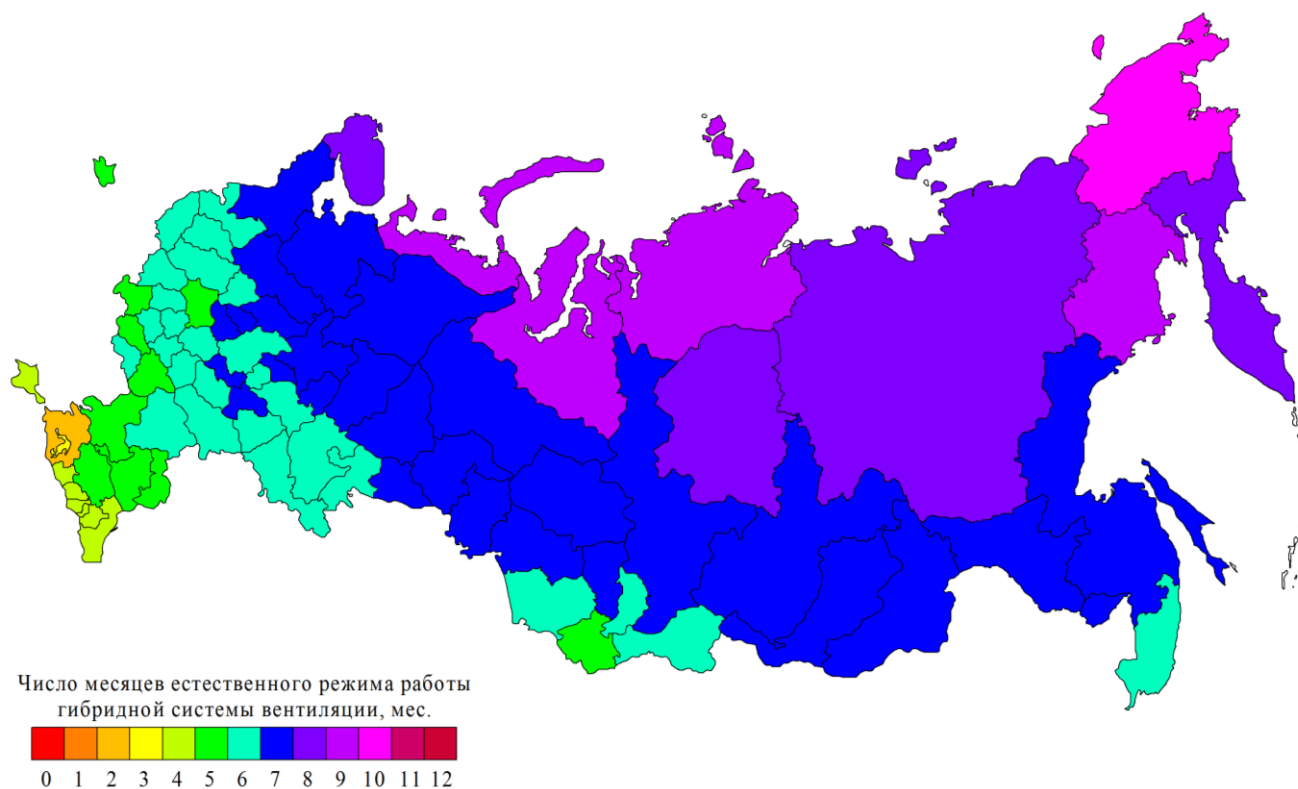


Рисунок 7 – Зонирование регионов РФ по числу месяцев эффективной работы систем естественной вентиляции МЖД, рассчитанных на гравитационное давление при  $t_{p,н} = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$

Таблица 1 – Классификация систем вентиляции по обеспеченности воздухообмена в МЖД для метеорологических условий г. Н. Новгорода, за период измерений с 1999 по 2014 гг.

Наименование системы	$n_L$ год, %
1. Естественная система вентиляции, рассчитанная на действие ветрового и гравитационного давления, на $t_{p,n} = 5\text{ }^\circ\text{C}$ , $t_{p,n} = 10\text{ }^\circ\text{C}$ , $t_{p,n} = 15\text{ }^\circ\text{C}$ : - 5 этажей - 9 этажей - 17 этажей	0...20 0...30 0...40
2. Естественная система вентиляции, рассчитанная на действие гравитационного давления, на $t_{p,n} = 5\text{ }^\circ\text{C}$ : - 5 этажей - 9 этажей - 17 этажей	40...60 40...60 40...60
3. Естественная система вентиляции, рассчитанная на действие гравитационного давления, на $t_{p,n} = 10\text{ }^\circ\text{C}$ : - 5 этажей - 9 этажей - 17 этажей	60...70 60...70 60...70
4. Естественная система вентиляции, рассчитанная на действие гравитационного давления, на $t_{p,n} = 15\text{ }^\circ\text{C}$ : - 5 этажей - 9 этажей - 17 этажей	75...85 75...85 75...85
5. Естественнo-механическая (гибридная) система вентиляции с автоматическим регулированием максимального расхода воздуха через каждый вентканал:	95...100
6. Механическая система вентиляции с автоматическим регулированием максимального расхода воздуха через каждый вентканал	95...100
7. Механическая система вытяжной вентиляции, с притоком наружного воздуха через приточные отверстия (стеновые, оконные клапаны) без автоматического регулирования максимального расхода воздуха через каждый вентканал:	55...100
8. Механическая приточно-вытяжная вентиляция, при соответствии светопрозрачных конструкций современным требованиям к их воздухопроницаемости	95...100

Предложенная автором методика является универсальной и позволяет проводить аналогичные классификации систем вентиляции для любого города РФ.

**В третьей главе** проведен анализ основных факторов формирования теплового баланса помещений МЖД в круглогодичном цикле эксплуатации, оборудованных естественными и механическими системами вентиляции, в условиях действующих требований к тепловой защите наружных ограждающих конструкций с рассмотрением величины теплового дисбаланса  $\Delta Q_{\text{пом}}$ , Вт, в помещениях МЖД при максимальной и минимальной допустимых температурах  $t_{b \text{ max}}$  и  $t_{b \text{ min}}$ ,  $^\circ\text{C}$ .

В случае, если  $\Delta Q_{\text{пом}} < 0$  при температуре внутреннего воздуха  $t_b = t_{b \text{ max}}$ , то величина теплоизбытков в помещении МЖД будет недостаточна для поддержания минимальной температуры  $t_{b \text{ min}}$ ; в помещении наблюдается недостаток теплоты, «недогрев».

В случае, когда  $\Delta Q_{\text{пом}} > 0$  при  $t_b = t_{b \text{ max}}$ , теплоизбытки в помещении приведут к превышению фактической температуры внутреннего воздуха выше  $t_{b \text{ max}}$ ; в помещении будет наблюдаться избыток теплоты, «перегрев».

Если дисбаланс  $\Delta Q_{\text{пом}} \geq 0$  при температуре  $t_{\text{в}} = t_{\text{в min}}$  и  $\Delta Q_{\text{пом}} \leq 0$  при  $t_{\text{в}} = t_{\text{в max}}$ , то фактическая температура внутреннего воздуха будет лежать в диапазоне допустимых температур внутреннего воздуха; в помещении будет наблюдаться допустимый температурный режим.

На основе полученных величин тепловых дисбалансов  $\Delta Q_{\text{пом}}$  при максимальной и минимальной допустимых температурах внутреннего воздуха  $t_{\text{в max}}$  и  $t_{\text{в min}}$ , °С, для выявления реального температурного режима внутреннего воздуха в круглогодичном цикле эксплуатации МЖД, автором разработана методика расчета и программный комплекс «Программа расчета №2» для определения значений годового и месячных коэффициентов обеспеченности нормируемой допустимой температуры внутреннего воздуха в помещениях, а также годовых и месячных коэффициентов «перегрева» и «недогрева» помещений.

По предложенной методике в главе 3 представлены результаты аналитических исследований обеспеченности допустимого температурного режима помещений при различных сочетаниях типовых систем отопления и вентиляции МЖД.

На рисунке 8 приведены результаты расчета коэффициента обеспеченности допустимой температуры внутреннего воздуха и коэффициентов «перегрева» и «недогрева» помещения 17-ти этажного МЖД для каждого расчетного месяца за 2014 г., при следующем сочетании отопительно-вентиляционных систем: система естественной вентиляции с оконными приточными клапанами с ограничителями максимального расхода воздуха совместно с системой отопления без радиаторных терморегуляторов и с учетом при конструировании системы бытовых и биологических тепловыделений («ЕВ(п) – СО(б)»).

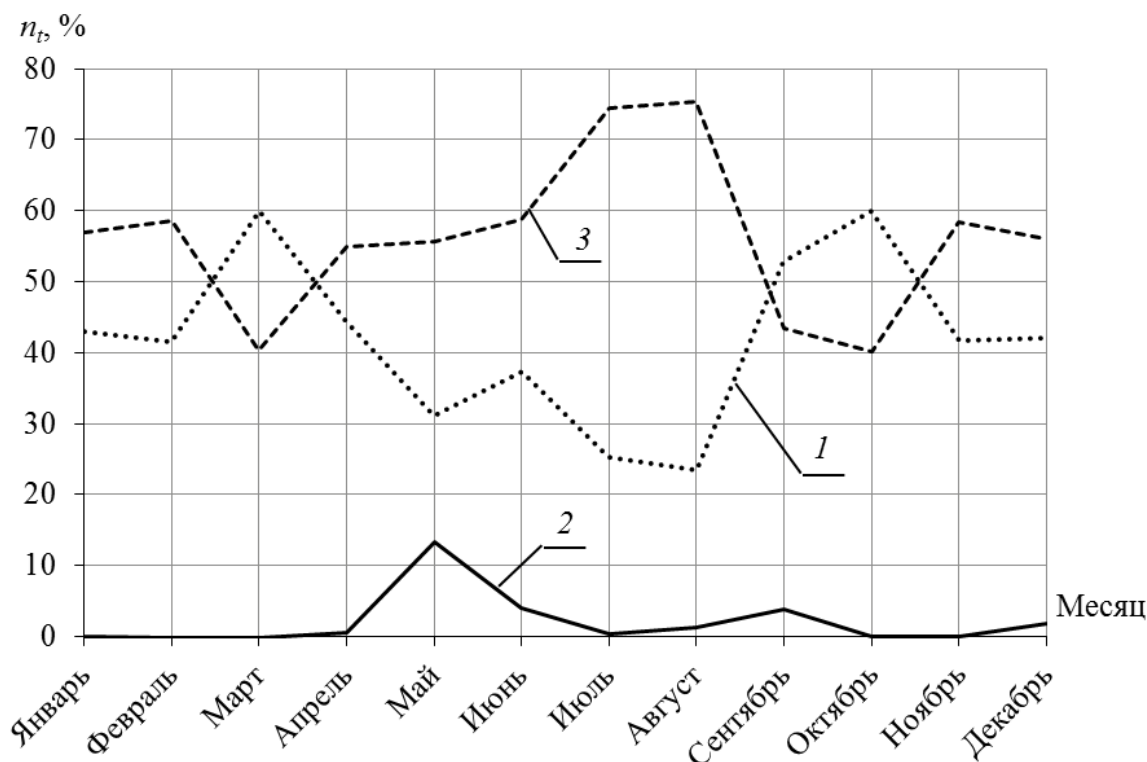


Рисунок 8 – Коэффициент обеспеченности допустимой температуры внутреннего воздуха и коэффициенты «перегрева» и «недогрева» осредненного по базовым ориентациям МЖД при сочетании «ЕВ(п) – СО(б)»: 1 –  $n_{t \text{ норм}}^{\text{мес}}$ ; 2 –  $n_{t \text{ нед}}^{\text{мес}}$ ; 3 –  $n_{t \text{ пер}}^{\text{мес}}$

По результатам аналитического исследования в главе представлено сопоставление и общий количественный анализ эффективности различных сочетаний типовых систем отопления и вентиляции в помещениях МЖД, основанный на следующих количественных характеристиках, пример которого приведен в таблице 2:

- $n_{L \text{ год}}$  – годовой коэффициент обеспеченности расчетного воздухообмена, %;
- $n_{t \text{ норм}}^{\text{год}}$  – годовой коэффициент обеспеченности допустимой температурой внутреннего воздуха в помещении, %;
- $n_{t \text{ пер}}^{\text{год}}$  – годовой коэффициент «перегрева» помещения, %;
- $n_{t \text{ нед}}^{\text{год}}$  – годовой коэффициент «недогрева» помещения, %;
- $n_{\Delta t}$  – годовой коэффициент обеспеченности допустимого отклонения температуры приточной струи от температуры внутреннего воздуха  $\Delta t$ , °С, при восполнении недостатков и ассимиляции избытков теплоты в помещениях МЖД, %.

Разработанная в ходе исследования методика позволяет однозначно классифицировать вновь возводимые, реконструируемые и существующие МЖД с точки зрения соблюдения санитарно-гигиенических требований и обеспеченности параметров микроклимата в помещениях.

Таблица 2 – Значения коэффициентов обеспеченности микроклиматических параметров для типового сочетания СОМ помещения МЖД для г. Нижнего Новгорода в 2014 г.

Наименование сочетаний СОМ	$n_{L \text{ год}}$ , %	$n_{t \text{ норм}}^{\text{год}}, n_{t \text{ пер}}^{\text{год}}, n_{t \text{ нед}}^{\text{год}}$ , %	$n_{\Delta t}$ , %
1	2	3	4
Естественная система вентиляции с притоком воздуха через форточки, рассчитанная на действие ветрового и гравитационного давлений, на $t_{p.n} = 5$ °С, совместно с:			
1.1 системой отопления без терморегуляторов, с учтенными в тепловом балансе помещений $Q_{\text{быт}}$ и $Q_{\text{ч}}^{\text{я}}$	0...40	28 / 52 / 20	≤ 10
1.2 системой отопления без терморегуляторов, без учтенных в тепловом балансе помещений $Q_{\text{быт}}$ и $Q_{\text{ч}}^{\text{я}}$		12 / 82 / 6	
1.3 системой отопления с терморегуляторами, с учтенными в тепловом балансе помещений $Q_{\text{быт}}$ и $Q_{\text{ч}}^{\text{я}}$		57 / 23 / 20	
1.4 системой отопления с терморегуляторами, без учтенных в тепловом балансе помещений $Q_{\text{быт}}$ и $Q_{\text{ч}}^{\text{я}}$		68 / 27 / 5	
1.5 поквартирной двухконтурной системой отопления и горячего водоснабжения с газовыми котлами		68 / 27 / 5	

В четвертой главе автором обоснованы и предложены методологические основы выбора конкретных энергосберегающих мероприятий по результатам оценки их экономической целесообразности и энергетического потенциала относительно разработанной теплофизической модели эталонного многоквартирного жилого дома, который является наименее энергетически эффективным: с наружными ограждениями, рассчитанными на соблюдение санитарно-гигиенических требований; системой естественной вентиляции; системой отопления без автоматического регулирования.



Приведена разработанная автором универсальная методика и программный комплекс «Программа расчета № 3» (блок-схема, рисунок 9) определения потенциала наибольшей энергоэффективности при внедрении энергосберегающих мероприятий в области активных и пассивных СОМ МЖД. Методика основана на предложенном в работе показателе: проценте снижения суммы удельной теплозащитной и вентиляционной характеристики здания  $N$ , %:

$$N = \frac{\Delta k_{\text{мер}}}{\Sigma k} 100; \quad (6)$$

$$\Delta k_{\text{мер}} = k_{\text{об}i}^0 - k_{\text{об}i}^1 \text{ и/или } \Delta k_{\text{мер}} = k_{\text{вент}}^0 - k_{\text{вент}}^1; \quad (7)$$

$$\Sigma k = \Sigma k_{\text{об}i}^0 + k_{\text{вент}}^0. \quad (8)$$

Представленная методика является универсальной и позволяет проводить расчеты показателя потенциала энергетической эффективности  $N$ , %, с целью определения приоритетности внедряемых типовых энергосберегающих мероприятий, как при новом строительстве, так и при реконструкции и капитальном ремонте МЖД различного объемно-планировочного исполнения и этажности, расположенных в широком диапазоне климатических условий РФ.

Методика позволяет проводить обоснование экономической взаимозаменяемости различных энергосберегающих мероприятий с точки зрения потребления энергетических ресурсов и доказывает необходимость внесения изменений в действующую на территории РФ нормативную документацию в области тепловой защиты зданий, для возможности отказа от обязательного к применению мероприятия по повышению приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (второстепенного как по рассчитанным показателям  $N$  (рисунок 10), так и полученному сроку окупаемости  $T_o$ , лет (таблица 3)), при соблюдении санитарно-гигиенических требований к ним и общему классу энергетической эффективности МЖД в целом.

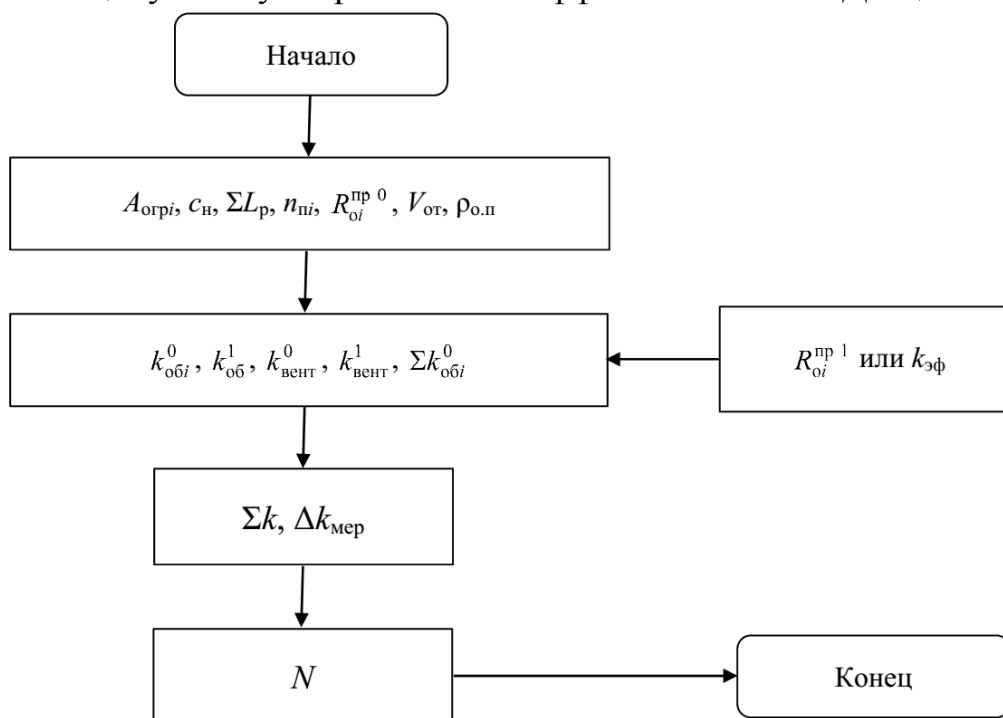


Рисунок 9 – Блок-схема расчета процента снижения суммы удельной теплозащитной и вентиляционной характеристик здания  $N$  («Программы Расчета № 3»)

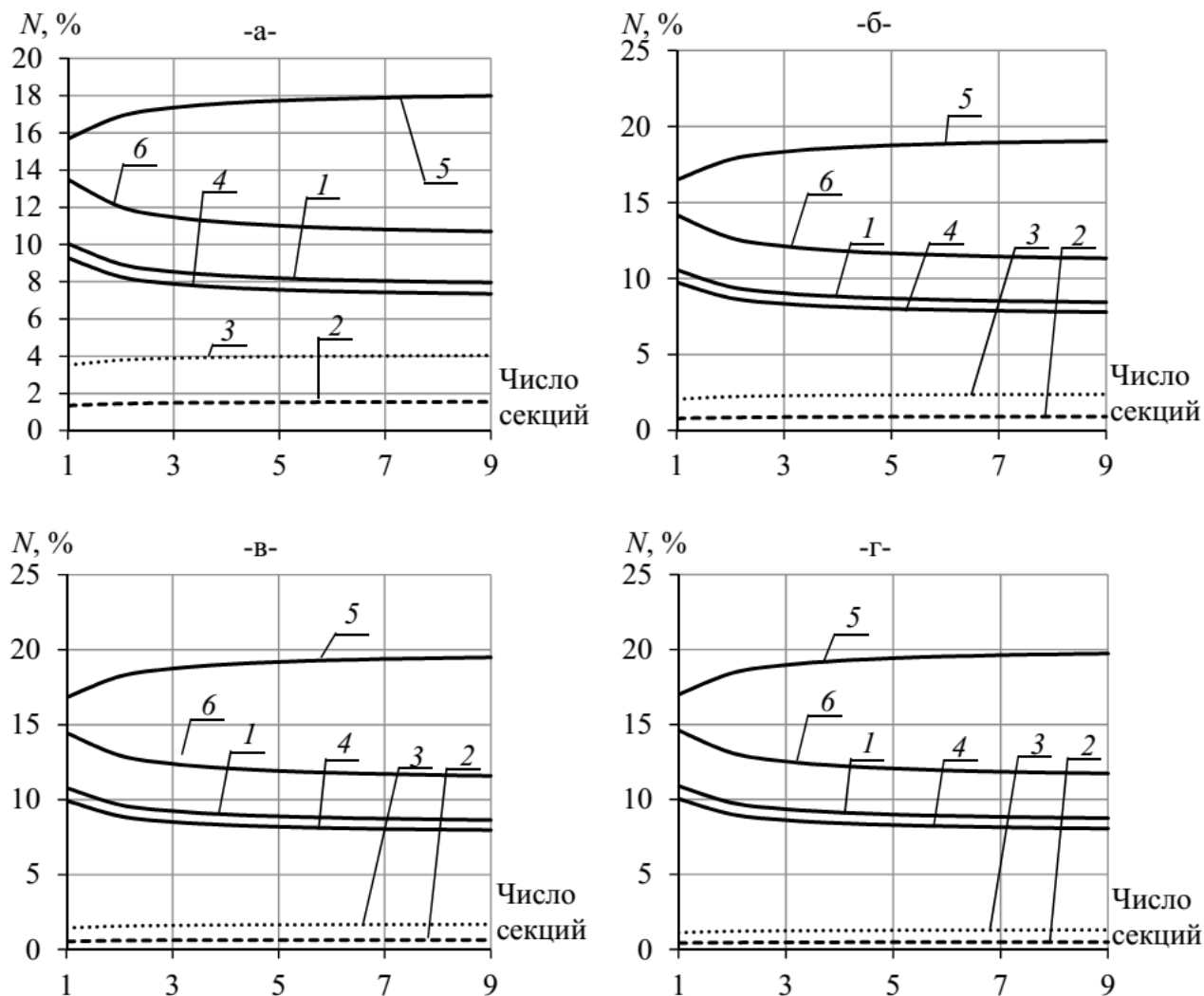


Рисунок 10 – Зависимости  $N, \%$ , для секционных МЖД, от числа секций (а – 5 этажей; б – 9 этажей; в – 13 этажей; г – 17 этажей): 1, 2, 3 – утепление наружных стен, покрытия кровли, покрытия пола, согласно СП 50.13330; 4 – установка окон с повышенными теплоизоляционными свойствами, согласно СП 50.13330; 5 – теплоутилизация вытяжного воздуха с промежуточным теплоносителем; 6 – установка четырехслойного остекления в ПВХ переплетах

Таблица 3 – Сроки окупаемости типовых энергосберегающих мероприятий

Наименование энергосберегающего мероприятия	$T_0$ , лет
Утепление наружных стен согласно СП 50.13330	30...45
Утепление кровли согласно СП 50.13330	30...35
Утепление покрытия пола согласно СП 50.13330	50...60
Заполнение оконных проемов согласно СП 50.13330	10...15
Заполнение оконных проемов четырехслойным остеклением	15...20
Применение системы механической приточно-вытяжной вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха	5...15
Применение средств утилизации теплоты вытяжного воздуха в обязательных к применению системах механической приточно-вытяжной вентиляции	1...3

Внедрение разработанных автором методик расчета направлений наибольшей энергетической эффективности при внедрении типовых энергосберегающих мероприятий в 2015 г. позволили получить суммарный годовой экономический эффект в размере 390440 руб/год при проведении реконструкции активных и пассивных систем обеспечения микроклимата 9-ти этажного трехсекционного панельного многоквартирного жилого дома по адресу: г. Нижний Новгород, ул. Зайцева, д. 10, заключающийся в дополнительном снижении затрат на потребление тепловой энергии при выборе наиболее энергетически эффективных энергосберегающих мероприятий имеющих наименьший срок окупаемости.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Системный анализ методов нормирования и расчета пассивных (тепловой контур здания, его теплофизические характеристики) и активных (системы отопления и вентиляции) элементов систем обеспечения параметров микроклимата многоквартирных жилых домов показал необходимость выделения их в особый класс сооружений для конкретизации границ энергетически эффективной работы систем при поддержании комфортных условий проживания в круглогодичном цикле эксплуатации.

2. Экспериментально полученные аэродинамические коэффициенты на фасадах и кровлях моделей современных типовых многоквартирных домов различной этажности позволяют проводить расчеты границ эффективной эксплуатации систем естественной и механической вентиляции.

3. Разработана классификация типовых схем естественной и механической вентиляции по величинам фактических коэффициентов обеспеченности воздухообменов в помещениях многоквартирных жилых домов в годовом цикле эксплуатации с получением аналитических и графических зависимостей границ эффективной работы систем в различных климатических регионах страны.

4. Разработаны методики и программные комплексы, позволяющие проводить расчет годовых коэффициентов обеспеченности комплексных режимов работы типовых систем отопления, естественной и механической вентиляции с учетом уровня комфорта, норм площадей и заселенности многоквартирных жилых домов для всех регионов страны: расчетного воздухообмена; допустимой температуры внутреннего воздуха; «перегрева» или «недогрева» помещений; допустимого перепада между температурами приточной струи и внутреннего воздуха.

5. Получены значения коэффициентов обеспеченности допустимых параметров микроклимата и расчетного воздухообмена в помещениях многоквартирных жилых домов в зависимости от выбранных типовых схем тепло-воздухораспределения, по результатам обработки фактических статистических метеорологических данных.

6. Обоснован и предложен показатель, характеризующий потенциал энергоэффективности конкретных типовых энергосберегающих мероприятий: процент снижения суммы удельной теплозащитной и вентиляционной характеристики многоквартирного жилого дома  $N$ , %.

7. Разработана универсальная методика с соответствующим программным комплексом для определения наибольшего потенциала энергоэффективности многоквартирных жилых домов различной этажности и объемно-планировочных решений, позволяющая на основании анализа конкретных удельных отопительно-вентиляционных характеристик здания определять и классифицировать приоритетные направления повышения энергоэффективности жилого фонда. Разработаны рекомендации по внедрению типовых энергосберегающих мероприятий с расчетом сроков окупаемости для вновь проектируемых и реконструируемых зданий.

8. Результаты исследований нормирования допустимого конструктивного исполнения и границ эксплуатационной надежности типовых сочетаний систем обеспечения параметров микроклимата, а также выбора конкретных мероприятий с наибольшим потенциалом энергоэффективности являются основой для актуализации имеющихся нормативных документов в областях тепловой защиты зданий, энергосбережения и создания энергоэффективных пассивных и активных систем, обеспечивающих расчетные параметры микроклимата многоквартирных жилых домов в круглогодичном цикле эксплуатации.

9. Использование результатов проведенных исследований автора в научно-педагогической и практической (прикладной) деятельности подтверждается следующими актами внедрения: в учебный процесс (ФГБОУ ВПО ННГАСУ («Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет») и ФГБОУ ВО ТГУ («Тольяттинский государственный университет»)); в производственный процесс при обосновании выбора конкретных инженерных решений СОМ МЖД (ООО «Вега»); при проектировании современных систем обеспечения параметров микроклимата ведущими проектными организациями Нижегородского региона (ООО «Проектпромвентиляция» и ОАО «Нижегородский Промстройпроект»).

10. Годовой экономический эффект полученный в результате внедрения предлагаемых методик при реконструкции пассивных и активных систем обеспечения параметров микроклимата 9-ти этажного трехсекционного панельного жилого дома в г. Нижнем Новгороде, заключается в дополнительном снижении затрат на потребление тепловой энергии и составляет 390440 руб/год в ценах 2015 г.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА

### В изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России

1. Кузин, В.Ю. Режимы работы естественной приточно-вытяжной вентиляции многоквартирных жилых домов / В.Ю. Кузин, М.В. Бодров // Приволжский научный журнал. – 2014. – № 1. – С. 51-56.
2. Кузин, В.Ю. Режимы работы естественной вентиляции с горизонтальным сборным коллектором в многоквартирных жилых домах / В.Ю. Кузин // Приволжский научный журнал. – 2014. – № 4. – С. 162-167.
3. Кузин, В.Ю. Определение фактической производительности систем естественной вентиляции с вертикальным сборным коллектором / В.Ю. Кузин, М.В. Бодров, В.П. Болдин, М.Н. Кучеренко // Приволжский научный журнал. – 2015. – № 1. – С. 54-59.
4. Кузин, В.Ю. Повышение энергетической эффективности систем обеспечения параметров микроклимата многоквартирных жилых домов / В.Ю. Кузин, М.В. Бодров, М.С. Морозов // Жилищное строительство. – 2015 – № 6. – С. 48-50.
5. Кузин, В.Ю. Обоснование границ применения естественных систем вентиляции многоквартирных жилых домов для Нижегородской области / В.Ю. Кузин, М.В. Бодров, М.С. Морозов, А.Ф. Шаповал // Приволжский научный журнал. – 2016. – № 1. – С. 65-71.
6. Кузин, В.Ю. Повышение энергетической эффективности теплового контура многоквартирных жилых домов при капитальном ремонте / В.Ю. Кузин, М.В. Бодров, М.С. Морозов, А.Ф. // Строительство и реконструкция. – 2016. – № 3 (65). – С. 103-108.

### Другие публикации по теме диссертации

7. Кузин, В.Ю. Повышение надежности систем естественной вентиляции многоквартирных жилых домов / В.Ю. Кузин, М.В. Бодров // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: материалы XI Международной научной конференции, 23 марта – 5 апреля 2013 г., г. Ханой. – Волгоград: ВолГАСУ, 2013. – С. 259-265.
8. Кузин, В.Ю. Снижение энергопотребления и повышение эксплуатационной надежности систем вентиляции многоквартирных жилых домов / В.Ю. Кузин // 15-й Международный научно-промышленный форум «Великие реки 2013»: труды конгресса. В 3 т. Т. 3. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2013. – С. 35-37.
9. Кузин, В.Ю. Теплофизическое обоснование применения энергосберегающих систем механической вентиляции для обеспечения нормируемого воздухообмена жилых помещений / В.Ю. Кузин // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: сб. докл. V Междунар. науч.-техн. конф. 20-22 ноября 2013 г. – М., 2013. – С. 175-180.
10. Кузин, В.Ю. К вопросу влияния ветрового давления на расчет систем естественной вентиляции в круглогодичном режиме эксплуатации / В.Ю. Кузин, М.В. Бодров, М.С. Морозов // Строительная физика. Системы обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях. Междунар. конф. – академические чтения. Москва 2-4 июля 2014: сб. докладов. – М.: МГСУ, НИИСФ, 2014. – С. 118-125.
11. Кузин, В.Ю. К вопросу нормирования воздухообменов многоквартирных жилых домов / В.Ю. Кузин, М.С. Морозов, В.В. Носков // 16-й Международ-

ный научно-промышленный форум «Великие реки 2014»: труды конгресса. В 3 т. Т. 3. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2014. – С. 70-73.

12. Кузин, В.Ю. Комплексный подход при выборе энергосберегающих систем обеспечения микроклимата многоквартирных жилых домов / В.Ю. Кузин, М.В. Бодров // Вестник энергоэффективности. – 2014. – № 5 – С. 44-48.

13. Кузин, В.Ю. Применение энергосберегающих систем вентиляции для круглогодичного обеспечения расчетного воздухообмена многоквартирных жилых домов / В.Ю. Кузин, М.В. Бодров // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: материалы XII Международной научной конференции, 23 марта – 3 апреля 2014 г., г. Хайфа. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2014. – С. 346-352.

14. Кузин, В.Ю. К вопросу определения температуры начала отопительного периода для поддержания оптимальных параметров микроклимата в многоквартирных жилых домах / В.Ю. Кузин, М.В. Бодров, М.С. Морозов // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: материалы XIII Международной научной конференции, 15 – 28 апреля 2015 г., г. Сиань. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2015. – С. 249-255.

15. Кузин, В.Ю. Комплексный подход к энергосбережению систем обеспечения параметров микроклимата многоквартирных жилых домов / В.Ю. Кузин, В.В. Носкова // 17-й Международный научно-промышленный форум «Великие реки 2015»: ННГАСУ, 2015. – С. 86-89.

16. Кузин, В.Ю. Коэффициент обеспеченности систем естественной вентиляции с индивидуальными вентиляционными каналами многоквартирного жилого дома малой этажности / В.Ю. Кузин, М.В. Бодров, М.С. Морозов // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: сб. докл. VI Междунар. науч.-техн. конф. 25-27 ноября 2015 г. – М., 2015. – С. 249-255.

17. Кузин, В.Ю. Научное обоснование выделения многоквартирных жилых домов в самостоятельный класс зданий по нормированию систем обеспечения параметров микроклимата / В.Ю. Кузин, В.И. Бодров, М.В. Бодров // Вестник Волжского регионального отделения: сб. науч. тр. Вып. 18. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2015. – С. 171-175.

18. Кузин, В.Ю. Расчетное обоснование границ режимов работы систем естественной и гибридной вентиляции / В.Ю. Кузин, М.В. Бодров, Морозов М.С. // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2016. – № 1. – С. 56-59.

### **Свидетельства о результатах интеллектуальной деятельности**

19. Свидетельство о регистрации результата интеллектуальной деятельности, охраняемого в режиме коммерческой тайны ННГАСУ (объект «НОУ-ХАУ»). Способ утилизации теплоты удаляемого воздуха из жилых помещений для систем теплоснабжения встроенных помещений общественного назначения многоквартирных жилых домов / В.Ю. Кузин, М.В. Бодров. № 2 от 19.12.14. – 9 с.

20. Свидетельство о регистрации результата интеллектуальной деятельности, охраняемого в режиме коммерческой тайны ННГАСУ (объект «НОУ-ХАУ»). Способ утилизации теплоты удаляемого воздуха из жилых помещений на нужды системы горячего водоснабжения многоквартирного жилого дома / В.Ю. Кузин, М.В. Бодров. № 4 от 20.10.15. – 9 с.

**Кузин Виктор Юрьевич**

**МЕТОДЫ КРУГЛОГОДИЧНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЗДУШНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ**

05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Подписано в печать \_\_\_\_\_ Формат 60×90 1/16 Бумага газетная. Печать трафаретная.  
Уч. изд. л. 1,59. Усл. печ. л. 1,27. Тираж 100 экз. Заказ № \_\_\_\_

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» 603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65.

сайт: [www.nngasu.ru](http://www.nngasu.ru)

Полиграфический центр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, Ильинская, 65