

# ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМФОРТНОГО МИКРОКЛИМАТА В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

## FORMATION OF A METHODOLOGY FOR ENSURING A COMFORTABLE MICROCLIMATE IN RESIDENTIAL PREMISES

*Al-Dumaini Omar Ahmed Hazaea Shaif  
M. Gordeev-Burgwitz*

*Summary.* The article presents current aspects of solving problems and developing a methodology for ensuring a comfortable microclimate in residential premises. This study is devoted to studying the parametric characteristics of the microclimate in the environment of residential buildings using the methods of modeling an experimental network that ensures resource efficiency and energy saving in the living space. The article contains characteristics of modeling microclimate modes in residential premises. The solution of the above aspects requires the development of two issues in the context of the study: a methodological approach to modeling microclimate modes in residential premises; practical implementation of a methodological approach to modeling microclimate modes in residential premises using the technical solution DKN-1.

*Keywords:* methodology, microclimate, living quarters, comfortable microclimate, microclimate modes, practical implementation, resource efficiency, energy saving, technical solution.

*Аль-Думайни Омар Ахмед Хазаеа Шаиф*  
аспирант, Московский государственный  
строительный университет, г. Москва  
aomar3909@gmail.com

*Гордеев-Бургвиц Михаил Алексеевич*  
изобретатель СССР, доктор-инженер ФРГ  
dr.gordeev@mail.ru

*Аннотация.* В статье представлены актуальные аспекты решения задач и проработки методологии обеспечения комфортного микроклимата в жилых помещениях. Данное исследование посвящено изучению параметрических характеристик микроклимата в среде жилых зданий посредством методов моделирования экспериментальной сети, обеспечивающей ресурсоэффективность и энергосбережение в жилом пространстве. Статья содержит характеристики моделирования режимов микроклимата в жилых помещениях. Решение приведенных аспектов требует проработки двух вопросов в контексте исследования: методический подход к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях; практическое осуществление методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях с применением технического решения ДКН-1.

*Ключевые слова:* методология, микроклимат, жилые помещения, комфортный микроклимат, режимы микроклимата, практическое осуществление, ресурсоэффективность, энергосбережение, техническое решение.

### Введение

Оптимальное обеспечение различных режимов микроклимата в среде жилого здания взаимосвязано с существенными издержками энергетического и топливного снабжения. Поднимаемая проблема крайне актуальна в настоящее время, поскольку удельный объем теплопотерь в определенной степени превышает нормативы жилищного строительства [1], [4], [5], [10].

Анализ объема тепловых потерь в жилом пространстве [3] показывает, что, как правило, имеется несоответствие фактических параметрических характеристик в среде жилых помещений со значениями, которые были запланированы ранее.

Причины существующего несоответствия определяются отклонениями, возникшими при реализации строительных работ, по отношению к плану инвестиционно-строительного проекта жилого здания, коррекции

ей параметрических характеристик в ходе фактической эксплуатации жилых помещений. Помимо этого, необходимо заметить, что законодательные регламенты проектирования жилых помещений, их инженерно-технического обеспечения в общих чертах характеризуют комфортный микроклимат. При этом не учитываются специфические особенности территориальных единиц и других строительных условий возведения жилья [7].

Приведенные аспекты подразумевают разработку нового методического подхода к моделированию режимов микроклимата в среде жилого здания, проектированию инженерно-технического обеспечения. Ключевая особенность нового методического подхода заключается в реализации изменений инвестиционно-строительных решений в связи с полученными результатами обследования показателей микроклимата и параметрических характеристик возведенной конструкции.

Достижение энергосбережения и ресурсоэффективности в жилищном строительстве затруднено по при-

чине того, что нет лёгких алгоритмов вычисления тепло-снабженческих процессов в жилых помещениях [2], [3], [8]. Расширение нормативных требований к обеспечению показателей микроклимата в среде жилого здания обуславливает потребность в исследовании теплофизических свойств, изменения теплообмена. В данном случае это способствует нормативному обеспечению значений микроклимата в среде жилого здания.

Цель данного исследования — представить результат практического осуществления методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях с применением технического решения ДКН-1.

Задачи исследования:

1. Представить методический подход к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях.
2. Отразить практическое осуществление методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях с применением технического решения ДКН-1.

### Материалы и методы

Для формирования методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях авторами статьи был осуществлен анализ теоретических и эмпирических источников академической литературы, аналитических документов, отражающих вопросы работы интеллектуальных систем, технологий искусственного интеллекта, различных технических решений в жилых помещениях.

Помимо вышеуказанных методов, авторами статьи для практического осуществления методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях с применением технического решения ДКН-1 использовались метод индукции, дедукции, анализа статистических временных рядов, пассивного и активного эксперимента, многофакторного анализа, моделирования процессов, алгоритмизации, обработки количественных показателей с помощью прикладного обеспечения с использованием теории вероятностей, математического и статистического анализа, интеллектуального анализа информации, метода Монте-Карло, метода наименьших квадратов (МНК), планирования экспериментальной работы.

### Методический подход к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях

На базе методов пассивного и активного эксперимента авторами был сформирован методический подход к моделированию режимов микроклимата в среде жилого здания. Стадии методического подхода, следующие:

1. Постановка задачи оптимизации режимов микроклимата.
2. Определение плана комбинированного эксперимента.
3. Практическое осуществление плана комбинированного эксперимента.
4. Обработка собранных экспериментальных данных и количественных показателей.
5. Интерпретация итогов научного исследования.

Ключевая задача методического подхода к моделированию режимов микроклимата в среде жилого здания — выявление взаимосвязи между относительной влажностью воздуха, температурным режимом, подвижностью воздуха в жилом помещении и пространственными характеристиками среды жилого здания.

Основные параметры (показатели оптимизации) методического подхода: относительная влажность воздуха, температурный режим, подвижность воздуха в жилом помещении. Независимые характеристики проводимого исследования: ширина, длина, высота жилого помещения, время количественных расчётов.

Взаимосвязь между относительной влажностью воздуха, температурным режимом, подвижностью воздуха в жилом помещении как показателями оптимизации и пространственными характеристиками среды жилого здания обозначена в формуле (1):

$$y = \sum_{t=0}^4 b_t x_t + \sum_{1 \leq t \leq j \leq 4} b_{ij} x_t x_j + \sum_{t=1}^4 b_{tt} x_t^2 \quad (1)$$

где  $x_0$  — фиктивная переменная.

Коэффициенты многофакторной модели примут следующий вид, исходя из выражений ниже:

$$b_{0k} = a_k, \text{ при } k = \overline{0,4} \quad (2)$$

$$b_{1j} = a_3 + j, \text{ при } j = \overline{2,4} \quad (3)$$

$$b_{2j} = a_5 + j, \text{ при } j = \overline{3,4} \quad (4)$$

$$b_{tt} = a_{10} + t, \text{ при } t = \overline{1,4} \quad (5)$$

Обозначенные в формулах (2)–(5) коэффициенты многофакторной модели рассчитываются с использованием МНК, что отражено в формуле (6):

$$A = M^{-1}(X^T Y) \quad (6)$$

Аспекты проведения экспериментальной работы зависят от планов проектных решений. Был выбран рототабельный план композиции жилого помещения и D-факторный план.

Для того чтобы сформировать ротатбельный план композиции жилого помещения, как правило, применяют трёхуровневую форму планирования. Однако была выбрана двухуровневая форма планирования, которую дополняет композиционный план, содержащий выделенные в пространстве точки (рисунок 1).

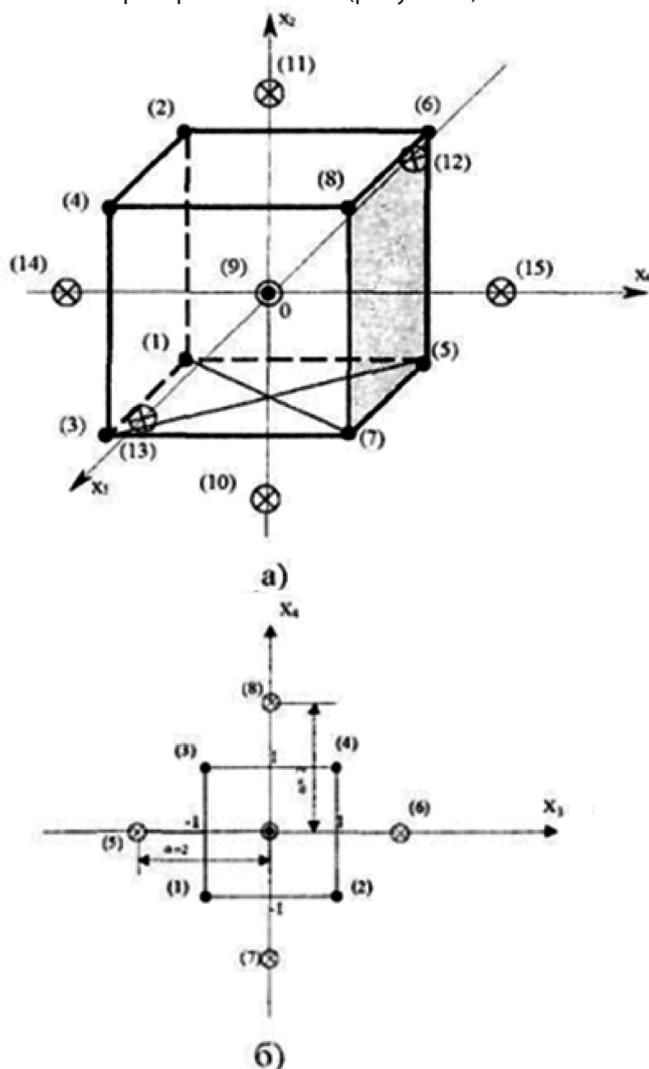


Рис. 1. Двухуровневая форма планирования, которую дополняет композиционный план, содержащий выделенные в пространстве точки

Примечание: а) — проекция жилого помещения в трёхмерном пространстве; б) проекция жилого помещения в кубической форме

D-факторный план, сформированный, исходя из принципов композиции жилого помещения Бокса, имеет свойство D-оптимальности среды (рисунок 2). В данном случае это способствует минимизации параметра дисперсии количественных измерений. Выбранная модель планирования симметрична по отношению к ядру плана, является гибридным типом полного факторного плана жилого помещения.

Для каждого из выбранных планов определялись:

- количество экспериментальных опытов;
- натуральные измерения жилого помещения;
- дисперсия;
- среднеквадратическое отклонение;
- коэффициент регрессии;
- доверительные интервалы.

В соответствии с авторским алгоритмом моделирования режимов микроклимата в жилых помещениях осуществлялись натуральные измерения жилого помещения, строилось для каждого параметра оптимизации регрессионное уравнение, которое характеризовало функциональную взаимосвязь конкретного параметра оптимизации с пространственными характеристиками жилой среды.

Данный методический подход к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях способствует выявлению спектра факторов (основных и второстепенных), воздействующих на создание комфортного микроклимата в среде жилого здания, на базе экспериментальной работы.

#### Практическое осуществление методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях с применением технического решения ДКН-1

Методический подход к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях осуществлялся с применением технического решения ДКН-1 по алгоритму, созданному авторами статьи:

1. Диагностическое обследование жилого здания при применении инструментов математического и технического моделирования режимов микроклимата, а также в целях проведения натуральных измерений, выявления перечисленных ниже индикаторов:
  - климатических условий;
  - теплотехнических параметров строительной конструкции;
  - показателей микроклимата (относительной влажности воздуха, интенсивности его движения, уровня температуры);
  - ключевых индикаторов отопительных систем;
  - ключевых индикаторов вентиляционной системы, установленной в жилом здании.
2. Изменение индикаторов отопительной и вентиляционной системы, принимая во внимание климатические условия территориальной единицы.
3. Формирование технического решения.
4. Принятие созданного решения на базе комплекса мер, в частности, утепление пола, наружных стен, конкретных элементов среды жилого здания, практическое использование дополнительных нагревательных приборов.

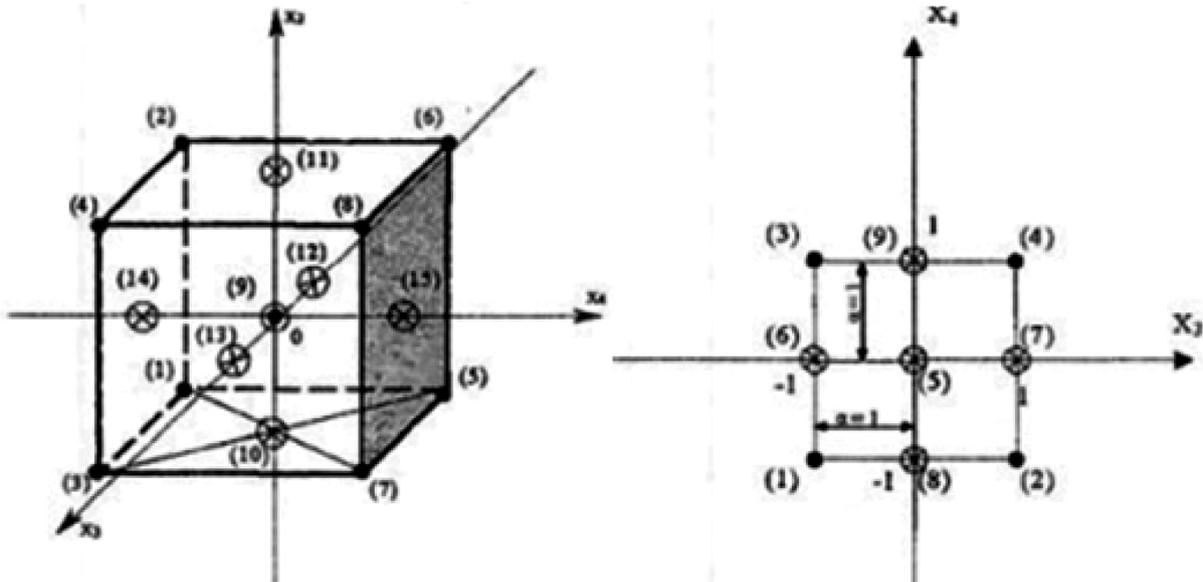


Рис. 2. D-факторный план, сформированный, исходя из принципов композиции жилого помещения Бокса

5. Реализация строительно-монтажных работ, необходимых для фактического изменения проектного плана.

Выбранное техническое решение для практического осуществления методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях способствует:

1. Оперативному осуществлению натуральных измерений конкретного жилого помещения, систематическому регулированию индикаторов микроклимата среды жилого здания, обеспечению крайне высокой степени качества строительной конструкции с внешней стороны, устойчивой работе вентиляционной и отопительной системы в ходе их эксплуатации.
2. Грамотному изменению работы вентиляционной и отопительной систем в процессе их эксплуатации в среде жилого здания.
3. Созданию и апробации рекомендаций воздухопроницаемости и теплообеспечения строительной конструкции с внешней стороны, по дополнительному использованию строительных материалов, которые обеспечивают теплоизоляцию, в ходе ремонтного обслуживания жилых зданий (аварийного либо планового).
4. Реализации аудита энергопотребления в соответствии с планово-проектными решениями.
5. Определению соблюдения нормативов по ключевым энергетическим и теплотехническим индикаторам.

Объект экспериментальной работы — многоквартирный жилой дом (всего 80 жилых квартир). Состав стены: кирпичная кладка (12 см), железобетон (16 см), пенополистерол (15 см). Эксперимент осуществлялся в двухкомнатной квартире, площадь — 64,6 квадратных метров.

Основные задачи экспериментальной работы с применением технического решения ДКН-1:

- диагностическое обследование микроклимата в среде жилого здания;
- натурные вычисления теплофизических свойств многослойной панели стены с учётом того, что при строительстве жилого здания применялся железобетон;
- оценка отопительной системы.

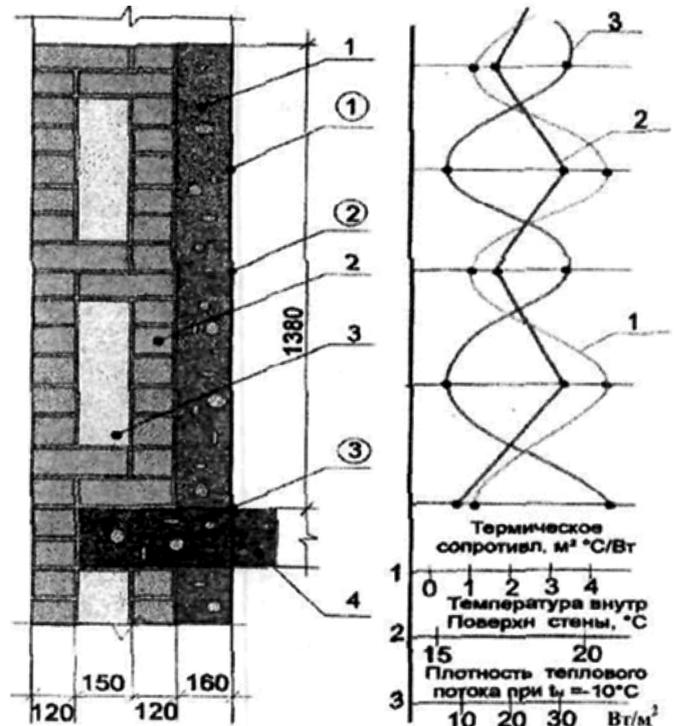


Рис. 3. Результаты инструментальных вычислений выбранного объекта экспериментальной работы

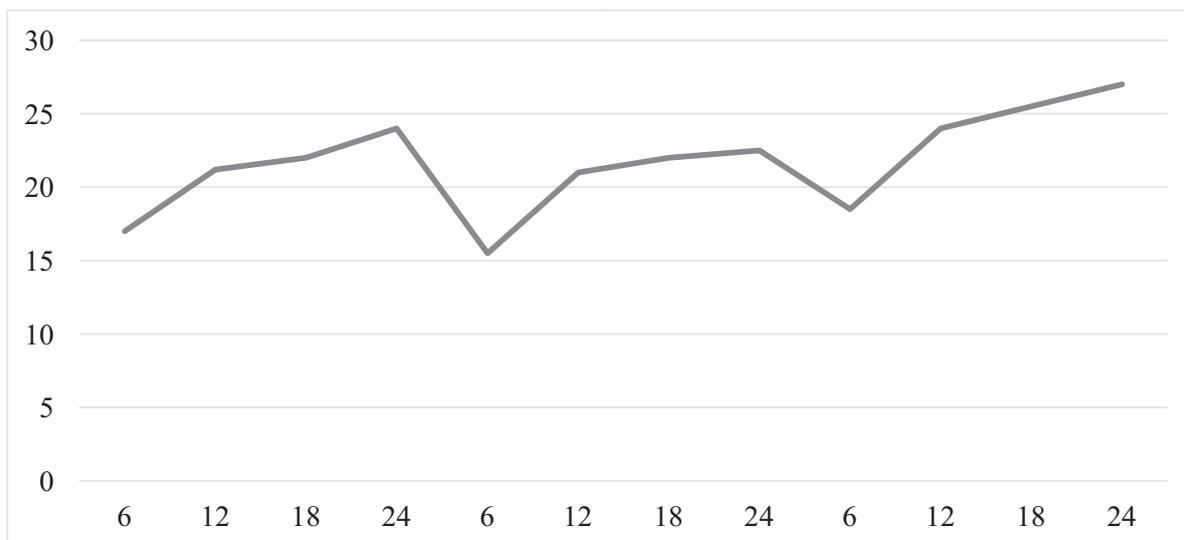


Рис. 4. Изменение температурного режима в жилом помещении при применении водяного отопления (измерение в течение трёх суток с фиксацией каждые 6 часов), градусов по Цельсию

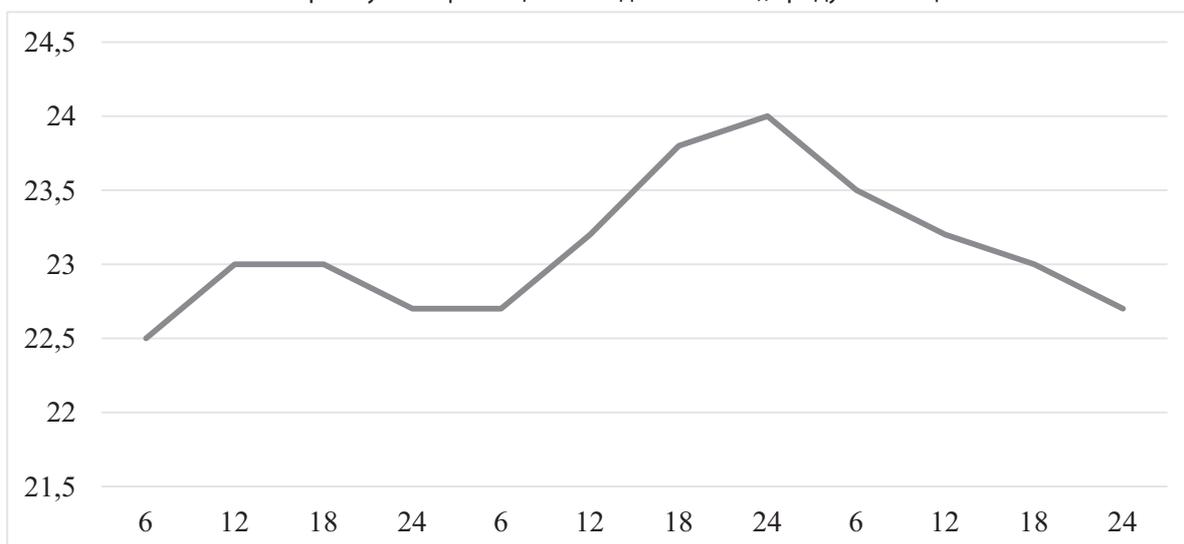


Рис. 5. Изменение температурного режима в жилом помещении при применении электроотопления (измерение в течение трёх суток с фиксацией каждые 6 часов), градусов по Цельсию

На рисунке 3 приведены результаты инструментальных вычислений выбранного объекта экспериментальной работы.

Во второй и третьей точках обследования многослойной стены жилого здания обнаружены минимальные уровни температуры, термического сопротивления, строительной конструкции. При этом объем тепловых потерь в значительной степени превышает уровень, достигнутый в первой точке обследования многослойной стены жилого здания. Отмечается дисбаланс температурного режима с внешней стороны и внутри жилого здания, существенный перепад температур в пространстве и на поверхности многослойной стены.

Вместе с тем было проведено сравнение изменений температурного режима в жилом помещении при при-

менении водяного и электрического отопления (рисунок 4, 5).

Сравнение показало, что при применении электроотопления управление микроклиматом осуществляется в автоматическом режиме, учитывая коррекцию индикаторов наружного воздуха. В данном случае по сравнению с водяным отоплением отсутствуют проблемы в контроле работы отопительной и вентиляционной системы.

#### Выводы

В исследовании был приведен методический подход к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях.

Данный методический подход к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях способствует выявлению спектра факторов (основных и второстепенных), воздействующих на создание комфортного микроклимата в среде жилого здания, на базе экспериментальной работы.

Отражены результаты практического осуществления методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях с применением технического решения ДКН-1.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Андрийчук В.Н. Повышение качества регулирования приточной вентиляционной системы // Научные технологии и оборудование в промышленности и строительстве. — 2022. — №. 71. — С. 90–97.
2. Бериккулы Т.Б. Принципы формирования архитектурных решений энергоэффективных жилых зданий в климатических условиях Республики Казахстан // Наука и образование сегодня. — 2023. — №. 3 (77). — С. 58–67.
3. Ералинова Г.М., Оразбаев Б.Б., Бражанова Д.К. Исследование и разработка системы автоматического регулирования и кондиционирования воздуха на основе FUZZY LOGIC // Вестник Ауэс. — 2023. — Т. 1. — №. 60. — С. 29–43.
4. Казанцев П.А., Лобачева М.А. Особенности формирования устойчивой архитектурной среды с использованием зеленых систем на основе фотобиореакторов // Урбанистика. — 2021. — №. 1. — С. 109–126.
5. Кальчев Д.Н., Завгородняя Л.В. Композиты на основе графита и карбоната кальция в энергосберегающих системах электрического отопления // Инновационная наука. — 2023. — №. 3–1. — С. 45–48.
6. Латкин А.П., Гришан А.А. Формирование территорий комфортной жизни как инструмент восстановления демографического потенциала российского Дальнего Востока // Азимут научных исследований: экономика и управление. — 2020. — Т. 9. — №. 3 (32). — С. 240–244.
7. Латкин А.П., Гришан А.А. К вопросу о реальности выполнения национального проекта формирования территорий комфортной жизни в Дальневосточном регионе // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. — 2021. — Т. 13. — №. 4. — С. 7–20.
8. Мозохин А.Е. Методика обеспечения комфортного состояния микроклимата умного дома с использованием ансамбля нечетких искусственных нейронных сетей // Информатика и автоматизация. — 2021. — Т. 20. — №. 6. — С. 1418–1447.
9. Самойлова Е.М., Хамитов Р.Т. Автоматизация системы управления вентиляцией на контроллере SIEMENS LOGO // Автоматизированные системы управления и информационные технологии. — 2021. — С. 401–405.
10. Фияшко К.С. Методика субъектно-ориентированного выбора варианта теплоснабжения индивидуальных жилых зданий // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. — 2020. — Т. 1. — С. 316–323.

© Аль-Думайни Омар Ахмед Хазаеа Шаиф (omarg3909@gmail.com); Гордеев-Бургивец Михаил Алексеевич (dr.gordeev@mail.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»