



УДК 697.34

**Е. С. ЛАПИН<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доц. кафедры теплоэнергетических систем;  
**А. П. ЛЕВЦЕВ<sup>1</sup>**, д-р техн. наук, проф. кафедры теплоэнергетических систем;  
**Е. С. СЕРГУШИНА<sup>1</sup>**, зам. директора по учебной работе многопрофильного колледжа;  
**С. А. ПАНФИЛОВ<sup>1</sup>**, д-р техн. наук, проф. кафедры электроники и электротехники;  
**О. В. КАБАНОВ<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доц. кафедры электроники и электротехники;  
**А. Ю. КАШУРКИН**, заведующий лабораторией<sup>2</sup>, ст. преп.<sup>3</sup>;  
**С. М. УСИКОВ<sup>2</sup>** науч. сотрудник, канд. техн. наук, доц.<sup>3</sup>.

### **ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИХ РЕШЕНИЮ**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва» (НИ МГУ им Н. П. Огарева).

Россия, 430005, Республика Мордовия, Саранск, Большевикская улица, д. 68/1.

Тел.: (8342) 24-37-32; эл. почта: mrsu@mrsu.ru

<sup>2</sup>ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН).

Россия, 127238, г. Москва, Локомотивный пр., д. 21.

Тел.: (495) 482-40-76; эл. почта: leontiii@mail.ru; usikov-work@yandex.ru

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ).

Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Эл. почта: leontiii@mail.ru; usikov-work@yandex.ru

*Ключевые слова:* системы теплоснабжения, энергоэффективность, индивидуальные тепловые пункты (ИТП), секционные радиаторы, гидравлический режим, тепловые потери, модернизация отопительных систем.

---

*В представленной работе проведен комплексный анализ проблем энергоэффективности систем теплоснабжения в условиях современной городской инфраструктуры. Основное внимание уделено сравнительной оценке различных схем подключения отопительных систем, включая зависимые и независимые варианты с применением индивидуальных тепловых пунктов. Особое значение придается исследованию эксплуатационных характеристик секционных радиаторов в зданиях старого жилого фонда. Рассмотрены современные подходы к оптимизации гидравлических режимов тепловых сетей. На основании данных энергетических обследований, в том числе проведенных в Мордовском государственном университете, выявлены основные факторы, влияющие на перерасход тепловой энергии. Проанализированы перспективные технические решения и дана оценка их экономической целесообразности. Результаты исследования могут быть применены при разработке мероприятий по разработке (актуализации) схем теплоснабжения городских поселений. Материалы работы представляют практический интерес для специалистов в области теплоэнергетики и жилищно-коммунального хозяйства.*

---

Актуальность проблем энергоэффективности в теплоэнергетике обусловлена постоянным ростом тарифов на энергоносители и ужесточением экологических стандартов [1]. В настоящее время развитие систем теплоснабжения характеризуется стремлением к сокращению непроизводительных энергетических потерь и совершенствованию методов поддержания оптимального температурного баланса в помещениях. Эти принципы закреплены в большинстве градостроительных программ и нормативных документах по развитию



коммунальной инфраструктуры [2]. В российских условиях особое внимание уделяется централизованным системам с комбинированным производством тепловой и электрической энергии, потенциал энергосбережения в которых оценивается в 25–40 % [3].

Анализ практики проектирования современных схем теплоснабжения свидетельствует, что важнейшими условиями повышения их работоспособности и экономичности выступают технологические инновации. К числу наиболее перспективных решений относится оборудование зданий индивидуальными тепловыми пунктами. Их применение позволяет не только оптимизировать температурный режим, но и стабилизировать давление в условиях растущей централизации теплоснабжения [4]. Однако эффективность ИТП доказана преимущественно для новых жилых массивов с панельными радиаторами и независимыми схемами подключения.

В зданиях старой постройки преобладают зависимые схемы отопления с элеваторными узлами и секционными радиаторами. Как показывают результаты энергоаудитов, при снижении температуры теплоносителя до 50 °С их фактическая теплопроизводительность может уменьшаться на 70 % от расчетных значений [5]. Это связано с высокой тепловой инерционностью и снижением конвективной составляющей теплоотдачи чугунных секционных радиаторов при низкотемпературных режимах, что подтверждается исследованиями, проведенными в условиях умеренно-континентального климата [6].

Проведенные обследования бюджетных учреждений выявили характерную проблему зависимых систем – превышение температуры в обратном трубопроводе при колебаниях давления в теплосетях. Одним из способов устранения этого недостатка считается монтаж циркуляционных насосов, обеспечивающих дополнительный подмес охлажденного теплоносителя [7]. Однако, как отмечают эксперты, такой подход требует тщательного гидравлического расчета, так как может привести к разбалансировке системы [8].

Согласно существующим методикам, внедрение автоматизированных регуляторов температуры требует предварительной оценки энергосберегающего потенциала объекта. Без такого анализа мероприятия по модернизации могут оказаться экономически неоправданными [9]. Особого внимания заслуживает влияние регуливающей арматуры на гидравлические параметры сети, которое часто приводит к неконтролируемому росту расхода теплоносителя. Ярким примером служат данные по Мордовскому государственному университету, где в весенне-осенние периоды, когда нагрузка отопления минимальна, фиксировалось увеличение потребления тепла в два раза.

Эксперты обращают внимание на потенциальные риски бессистемной установки регулирующих клапанов, способных дестабилизировать работу тепловых сетей. Исследования подтверждают, что даже при использовании подмешивающих насосов такие решения снижают КПД отопительных приборов, особенно в переходные климатические периоды [10]. В связи с этим в новостройках наблюдается тенденция к применению современных пластинчатых радиаторов, включая модели типа *PURMO*, которые демонстрируют лучшие показатели теплоотдачи при низкотемпературном режиме по сравнению с традиционными секционными [11]. Что касается поддержания гидравлического режима в тепловых сетях, то здесь ситуация требует постоянного контроля. Городские тепловые сети характеризуются разветвленной структурой,

перепадами высот и разнородностью застройки, что нередко приводит к избыточному напору на вводах отдельных потребителей. Для стабилизации гидравлического режима в тепловых пунктах устанавливаются дроссельные шайбы расчетного диаметра. Например, в Москве и Казани только в тепловых пунктах ОАО «МОЭК» эксплуатируется более 9500 таких устройств, а суммарные потери энергии из-за их использования сопоставимы с сотнями мегаватт [12].

Попытки оптимизации гидравлического режима за счет подмешивающих насосов, увеличивающих скорость теплоносителя через отопительные приборы, не привели к ожидаемому результату. Так, в Национальном исследовательском Мордовском государственном университете им. Н. П. Огарева эффективность СР после модернизации составила лишь 60 % от проектной, а энергопотребление возросло на 6 %. Это объясняется изменением коэффициента смешения теплоносителя и снижением мощности отопительных приборов.

### Современные и перспективные подходы к повышению энергоэффективности

В мировой практике активно изучаются стратегии (рисунок) прерывистого и импульсного теплоснабжения. Первая позволяет экономить до 20 % тепловой энергии за счет циклического отопления, однако требует увеличения мощности оборудования на 10–30 % [13]. Вторая, основанная на пульсирующей циркуляции теплоносителя, демонстрирует повышение эффективности панельных радиаторов на 20–40 % в зависимости от параметров потока [14].

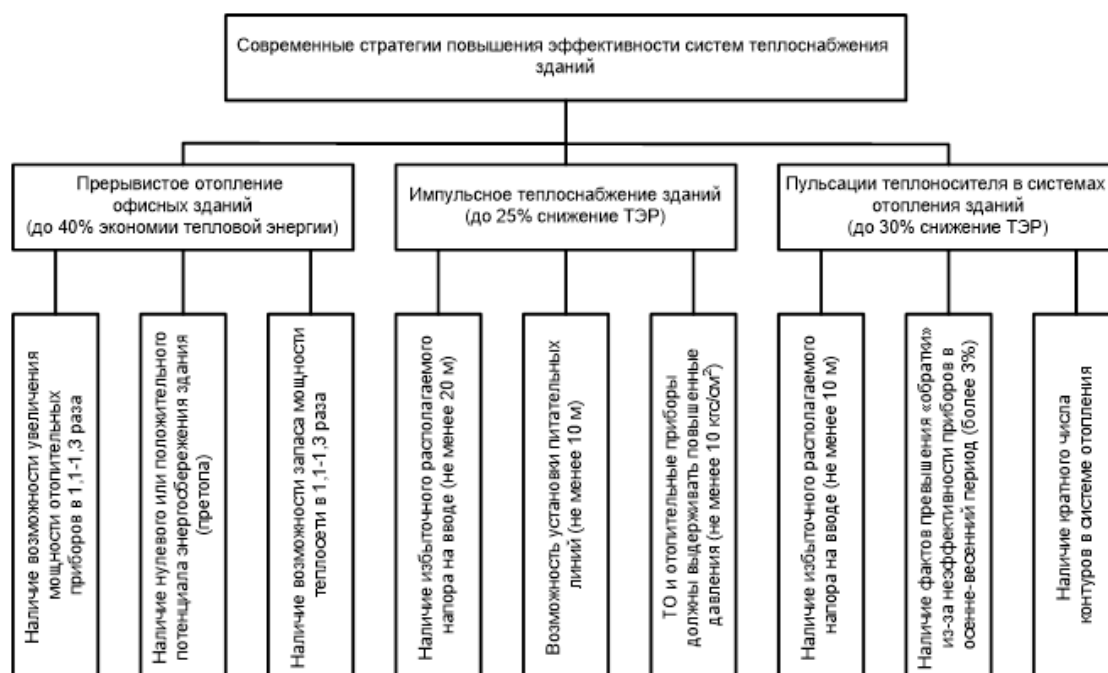


Рисунок. Стратегии повышения эффективности систем теплоснабжения

Экспериментальные исследования подтверждают, что интенсификация теплопередачи зависит от частоты и амплитуды пульсаций. Например, в пластинчатых теплообменниках при частоте 1 Гц зафиксирован рост теплопередачи на 25 %, а в системах охлаждения полупроводниковых



преобразователей – до 40 % [15]. Эти данные открывают новые возможности для применения импульсивных технологий в системах отопления.

Наиболее перспективным направлением представляется применение пульсирующего режима в системах с СР, что позволяет повысить их эффективность на 40 % и более при низкотемпературном теплоносителе (менее 70 °С). Данный подход обеспечивает равномерное распределение температуры по поверхности радиаторов и не сопровождается шумом или вибрацией, что делает его особенно актуальным для модернизации существующих систем отопления [16].

Современный подход к повышению энергоэффективности невозможен без внедрения интеллектуальных систем управления. Автоматизированные системы коммерческого учета тепла (АСКУТЭ) являются лишь первым шагом. Перспективным является создание цифровых двойников тепловых сетей, позволяющих моделировать различные режимы работы и оптимизировать распределение теплоносителя в реальном времени [17]. Как показало исследование, проведенное на базе тепловых сетей г. Саранска, использование таких моделей позволяет снизить затраты на перекачку теплоносителя на 7–12 % и сократить тепловые потери на 3–5 % [18].

Важным аспектом является также интеграция систем теплоснабжения с источниками возобновляемой энергии. Использование низкопотенциального тепла грунта, сточных вод или солнечных коллекторов для предварительного подогрева теплоносителя позволяет существенно снизить нагрузку на центральный источник тепла [19]. Экономический эффект от таких решений особенно заметен в объектах с сезонной или неравномерной нагрузкой [20].

Эффективность любых технических решений в конечном счете определяется их экономической целесообразностью. Для оценки предлагаемых мероприятий по энергосбережению широко применяется методика расчета срока окупаемости инвестиций, которая должна учитывать не только стоимость оборудования и монтажа, но и прогнозируемый рост тарифов на энергию [21]. Стимулирующую роль играют государственные и муниципальные программы софинансирования энергосберегающих мероприятий, такие как программа капитального ремонта многоквартирных домов в РФ [22].

Не менее важным является совершенствование нормативной базы. Пересмотр устаревших СНиП в сторону ужесточения требований к теплозащите зданий и эффективности инженерных систем является необходимым условием для системного повышения энергоэффективности в масштабах страны [23]. Внедрение энергетической паспортизации и сертификации зданий также способствует повышению ответственности как проектировщиков, так и эксплуатантов [24].

Таким образом, совершенствование систем теплоснабжения с использованием пульсирующего режима циркуляции теплоносителя является важной научно-практической задачей, решение которой позволит не только значительно повысить энергоэффективность зданий, но и создать существенный резерв в тепловых сетях для подключения новых потребителей, что особенно актуально для развития перспективных схем теплоснабжения городских поселений.

1. Наибольший потенциал энергосбережения сосредоточен в зданиях старого жилого фонда с зависимыми системами отопления и секционными радиаторами.



2. Модернизация таких систем путем простой установки подмешивающих насосов или регуляторов часто оказывается недостаточно эффективной и экономически неоправданной без комплексного подхода.

3. Перспективным направлением является внедрение импульсных технологий теплоснабжения, позволяющих значительно повысить эффективность традиционных секционных радиаторов при работе на низкотемпературном теплоносителе.

4. Дальнейшее повышение энергоэффективности теплоснабжения связано с цифровизацией управления, интеграцией возобновляемых источников энергии и совершенствованием нормативно-экономических механизмов стимулирования.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент № 2716545 С1 Российская Федерация, МПК F24D 3/00, F24D 17/00. Система теплоснабжения и способ организации ее работы : № 2019131243 : заявл. 03.10.2019 : опубл. 12.03.2020 / А. П. Левцев, Е. С. Лапин, А. А. Голянин [и др.] ; заявитель Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева.

2. Патент № 2754569 С1 Российская Федерация, МПК F24D 3/02. Система отопления здания независимого присоединения с организацией в ней пульсирующего режима движения теплоносителя : № 2020134571 : заявл. 21.10.2020 : опубл. 03.09.2021 / А. П. Левцев, А. А. Голянин, Е. С. Лапин ; заявитель Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева.

3. Патент № 2746638 С1 Российская Федерация, МПК F24D 3/02. Система отопления здания зависимого присоединения с организацией в ней пульсирующего режима движения теплоносителя : № 2020133525 : заявл. 13.10.2020 : опубл. 19.04.2021 / А. П. Левцев, Е. С. Лапин, А. А. Голянин, Р. В. Панкратьев ; заявитель Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева.

4. Термическое сопротивление наружных ограждающих конструкций при переменном тепловом потоке / В. Т. Ерофеев, Т. Ф. Ельчищева, А. П. Левцев [и др.]. – Текст : электронный. // Промышленное и гражданское строительство. – 2022. – № 10. – С. 4–13. – DOI 10.33622/0869-7019.2022.10.04-13.

5. Панфилов, С. А. Метод исследования параметров теплового режима помещения здания для настройки энергоэффективной системы отопления / С. А. Панфилов, О. В. Кабанов, В. Т. Ерофеев. // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году : сборник научных трудов / Российская академия архитектуры и строительных наук. – Москва : АСВ, 2022. – Том 2. – С. 310–320.

6. Патент № 2781893 С1 Российская Федерация, МПК F24D 15/00, G05D 23/00. Способ определения минимального времени включения системы отопления на нагрев помещения здания : № 2021135973 : заявл. 07.12.2021 : опубл. 19.10.2022 / О. В. Кабанов, С. А. Панфилов ; заявитель Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617121 Российская Федерация. Программа адаптивного управления тепловым режимом помещения здания : № 2022615826 : заявл. 06.04.2022 : опубл. 18.04.2022 / О. В. Кабанов, С. А. Панфилов ; заявитель Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева.

8. Кабанов, О. В. Совершенствование режимов подачи энергоносителя в системах автономного отопления производственных помещений зданий : специальность 2.1.3 :



диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кабанов Олег Владимирович ; Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2022. – 169 с.

9. Конструктивные особенности и оценка работы оборудования для импульсной подачи теплоносителя / А. П. Левцев, Е. С. Лапин, М. В. Бикунова, В. В. Салмин. // Региональная архитектура и строительство. – 2018. – № 4 (37). – С. 151–158.

10. Кашуркин, А. Ю. Оптимизация конструкции горизонтальных систем водяного отопления с этажными станциями / А. Ю. Кашуркин, С. М. Усиков // Инновации и инвестиции. – 2024. – № 12. – С. 381–386.

11. Панфилов, С. А. Устройство для энергосберегающего управления отоплением автономного помещения здания / С. А. Панфилов, В. Т. Ерофеев, О. В. Кабанов. // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году : сборник научных трудов / Российская академия архитектуры и строительных наук. – Москва, 2022. – Том 2. – С. 300–309.

12. Лапин, Е. С. Разработка пульсирующих режимов подачи теплоносителя в системах отопления зданий с секционными радиаторами : специальность 2.1.3 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лапин Евгений . / Лапин Евгений Сергеевич ; [место защиты: ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»] ; диссовет 24.2.282.05 (Д 212.028.10)]. – Волгоград, 2023. – 152 с. : ил.

13. Kabanov, O.V. Measuring the thermo physical properties of construction projects / O. V. Kabanov, S. A. Panfilov, A. A. Prokin, E. S. Sergushina // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. – 2019. – Vol. 16, No. 7. – P. 3121–3127. – DOI 10.1166/jctn.2019.8229.

14. Kabanov, O. V. Automated portable installation to determine the thermo physical properties of the object / O. V. Kabanov, S. A. Panfilov, A. A. Prokin // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. – 2019. – Vol. 16, No. 7. – P. 3115–3120. – DOI 10.1166/jctn.2019.8228.

15. Lebedeva, A. V. Energy-efficient autonomous system of heating / A. V. Lebedeva, O. V. Kabanov // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. – 2019. – Vol. 16, No. 1. – P. 145–150. – DOI 10.1166/jctn.2019.7714.

16. Panfilov, S. A. Energy saving in heating systems of buildings and structures / S. A. Panfilov, O. V. Kabanov, I. A. Shnyakin [et al.] // International Journal of Engineering Research and Technology. – 2020. – Vol. 13, No. 11. – P. 3641–3643.

17. Panfilov, S. A. Energy efficient system "smart house" / S. A. Panfilov, O. V. Kabanov, A. A. Grigoryev [et al.] // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. – 2020. – Vol. 12, No. 7 Special Issue. – P. 260–262. – DOI 10.5373/JARDCS/V12SP7/20202106.

18. Левцев, А. П. Повышение теплопередачи секционных радиаторов отопления организацией пульсаций теплоносителя / А. П. Левцев, Е. С. Лапин, В. Т. Ерофеев. // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2021 году : сборник научных трудов / Российская академия архитектуры и строительных наук. – Москва, 2022. – Том 2. – С. 165–176.

19. Лапин, Е. С. Схемное решение системы отопления здания с пульсирующим режимом подачи теплоносителя для зависимого присоединения к тепловой сети / Е. С. Лапин. – Текст : непосредственный // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : материалы Международной научно-практической конференции, Саранск, 24–25 ноября 2021 года / Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. – Саранск, 2022. – С. 238–241.



20. Левцев, А. П. Использование тарельчатых диафрагм транспортных средств в двухконтурных мембранных насосах / А. П. Левцев, Е. С. Лапин, Д. Чжень. – Текст : электронный // Инженерные технологии и системы. – 2023. – Том 33, № 1. – С. 68–78. – DOI 10.15507/2658-4123.033.202301.068-078.

21. Кашуркин, А. Ю. Определение растворимости газов в теплоносителе водяных систем отопления при характерных эксплуатационных режимах / А. Ю. Кашуркин, С. М. Усиков, И. В. Мельникова // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 12 (120). – С. 561–571.

22. Кудашев, С. Ф. О целесообразности фрикулинга в системе оборотного водоснабжения на территории Ленинградской области / С. Ф. Кудашев, Е. С. Лапин, Р. С. Лапин. – Текст : электронный // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2024. – № 3 (30). – С. 19–26. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.30.3.002.

23. Лапин, Е. С. Теплопередача секционного радиатора при снижении частоты пульсаций теплоносителя / Е. С. Лапин, Р. С. Лапин // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию П. В. Сенина, Саранск, 22–23 ноября 2023 года / Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. – Саранск, 2024. – С. 236–240.

24. Кашуркин, А. Ю. Оптимизация конструкции горизонтальных систем водяного отопления с квартирными станциями / А. Ю. Кашуркин, С. М. Усиков // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 11 (119). – С. 666–686.

**LAPIN Evgeniy Sergeevich<sup>1</sup>, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of thermal power systems; LEVTSEV Aleksey Pavlovich<sup>1</sup>, doctor of technical sciences, professor of the chair of thermal power systems; SERGUSHINA Elena Sergeevna<sup>1</sup>, deputy director of academic affairs of the multidisciplinary college; PANFILOV Stepan Aleksandrovich<sup>1</sup>, doctor of technical sciences, professor of the chair of electronics and electrical engineering; KABANOV Oleg Vladimirovich<sup>1</sup>, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of electronics and electrical engineering; KASHURKIN Aleksey Yuryevich, head of the Laboratory<sup>2</sup>, senior teacher<sup>3</sup>; USIKOV Sergey Mikhailovich, researcher<sup>2</sup>, candidate of technical sciences, associate professor<sup>3</sup>**

## **PROBLEMS OF INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF HEATING SYSTEMS AND MODERN APPROACHES TO THEIR SOLUTION**

<sup>1</sup>National Research Ogarev Mordovia State University.

68/1, Bolshevikskaya St., Saransk 430005, Republic of Mordovia, Russia.

Tel.: (8342) 24-37-32; e-mail: mrsu@mrsu.ru

<sup>2</sup>Scientific Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Constructions Sciences (RAACS).

21, Lokomotivny Proezd, Moscow, 127238, Russia.

Tel.: (495) 482-40-76; e-mail: niisf@niisf.ru

<sup>3</sup>Moscow State University of Civil Engineering.

26, Yaroslavskoe Shosse, Moscow, 129337, Russia.

E-mail: leontiii@mail.ru; usikov-work@yandex.ru

*Key words:* heating systems, energy efficiency, individual heat points (IHPs), sectional radiators, hydraulic mode, heat losses, and modernization of heating systems.



*The presented work provides a comprehensive analysis of the energy efficiency problems of heating systems in modern urban infrastructure. The main focus is on a comparative assessment of various heating system connection schemes, including dependent and independent options using individual heating stations. Special attention is given to the study of the performance characteristics of sectional radiators in old residential buildings. Modern approaches to optimizing the hydraulic modes of heating networks are considered. Based on the data from energy surveys, including those conducted at Mordovian State University, the main factors affecting the overuse of thermal energy are identified. Promising technical solutions have been analyzed and their economic feasibility has been assessed. The research results can be applied in the development of measures for the development (actualization) of heat supply schemes for urban settlements. The work materials are of practical interest to specialists in the field of thermal power engineering and housing and communal services.*

## REFERENCES

1. Patent № 2716545 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F24D 3/00, F24D 17/00. Sistema teplosnabzheniya i sposob organizatsii ee raboty [Heat supply system and method of organizing its operation]: № 2019131243: zayavl. 03.10.2019: opubl. 12.03.2020. A. P. Levtshev, E. S. Lapin, A. A. Golyanin [et al.]; zayavitel Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvenny universitet im. N. P. Ogaryova.

2. Patent № 2754569 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F24D 3/02. Sistema otopeniya zdaniya nezavisimogo prisoedineniya s organizatsiyey v ney pulsiruyushchego rezhima dvizheniya teplonositelya [Heating system of a building with independent connection and organization of a pulsating mode of coolant flow in it]: № 2020134571: zayavl. 21.10.2020: opubl. 03.09.2021. A. P. Levtshev, A. A. Golyanin, E. S. Lapin; zayavitel Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvenny universitet im. N. P. Ogaryova.

3. Patent № 2746638 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F24D 3/02. Sistema otopeniya zdaniya zavisimogo prisoedineniya s organizatsiyey v ney pulsiruyushchego rezhima dvizheniya teplonositelya [Heating system of a building with dependent connection and organization of a pulsating mode of coolant flow in it]: № 2020133525: zayavl. 13.10.2020: opubl. 19.04.2021. A. P. Levtshev, E. S. Lapin, A. A. Golyanin, R. V. Pankratev; zayavitel Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvenny universitet im. N. P. Ogaryova.

4. Erofeev V. T., Elchishcheva T. F., Levtshev A. P., et al. Termicheskoe soprotivlenie naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruktsiy pri peremennom teplovom potoke [Thermal resistance of external building envelopes under variable heat flow]. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering], 2022, № 10, P. 4–13. DOI 10.33622/0869-7019.2022.10.04-13.

5. Panfilov S. A., Kabanov O. V., Erofeev V. T. Metod issledovaniya parametrov teplovogo rezhima pomeshcheniya zdaniya dlya nastroyki energoeffektivnoy sistemy otopeniya [Method for studying the parameters of the thermal regime of a building room for setting up an energy-efficient heating system]. Fundamentalnye, poiskovyye i prikladnyye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noy otrasli Rossiyskoy Federatsii v 2021 godu [Fundamental, Exploratory and Applied Research of RAACS on Scientific Support for the Development of Architecture, Urban Planning and the Construction Industry of the Russian Federation in 2021]: sbornik nauchnykh trudov. Rossiyskaya akademiya arkhitektury i stroitel'nykh nauk. Moscow, ASV, 2022, Vol. 2, P. 310–320.

6. Patent № 2781893 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F24D 15/00, G05D 23/00. Sposob opredeleniya minimalnogo vremeni vklyucheniya sistemy otopeniya na nagrev pomeshcheniya zdaniya [Method for determining the minimum turn-on time of a heating system for heating a building room]: № 2021135973: zayavl. 07.12.2021: opubl. 19.10.2022.



O. V. Kabanov, S. A. Panfilov; заявитель Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарьова.

7. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2022617121 Rossiyskaya Federatsiya. Programma adaptivnogo upravleniya teplovym rezhimom pomeshcheniya zdaniya [Certificate of state registration of a computer program No. 2022617121 Russian Federation. Program for adaptive control of the thermal regime of a building room]: № 2022615826: yayavl. 06.04.2022: opubl. 18.04.2022. O. V. Kabanov, S. A. Panfilov; заявитель Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарьова.

8. Kabanov O. V. Sovershenstvovanie rezhimov podachi energonosatelya v sistemakh avtonomnogo otopleniya proizvodstvennykh pomeshcheniy zdaniy [Improvement of energy supply modes in autonomous heating systems of industrial premises of buildings]: spetsialnost 2.1.3 : diss. ... kand. tekhn. nauk. Volgograd, Volgogradskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet, 2022, 169 p.

9. Levitsev A. P., Lapin E. S., Bikunova M. V., Salmin V. V. Konstruktivnye osobennosti i otsenka raboty oborudovaniya dlya impulsnoy podachi teplonosatelya [Design features and performance evaluation of equipment for pulsed coolant supply]. Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo [Regional Architecture and Engineering], 2018, № 4 (37), P. 151–158.

10. Kashurkin A. Yu., Usikov S. M. Optimizatsiya konstruksii gorizontalnykh sistem vodyanogo otopleniya s etazhnymi stantsiyami [Optimization of the design of horizontal water heating systems with floor stations]. Innovatsii i investitsii [Innovation and Investment], 2024, № 12, P. 381–386.

11. Panfilov S. A., Erofeev V. T., Kabanov O. V. Ustroystvo dlya energosberegayushchego upravleniya otopleniem avtonomnogo pomeshcheniya zdaniya [Device for energy-saving heating control of an autonomous building room]. Fundamentalnye, poiskovye i prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitelstva i stroitelnoy otrasli Rossiyskoy Federatsii v 2021 godu [Fundamental, Exploratory and Applied Research of RAACS on Scientific Support for the Development of Architecture, Urban Planning and the Construction Industry of the Russian Federation in 2021]: sbornik nauchnykh trudov. Rossiyskaya akademiya arkhitektury i stroitelnykh nauk. Moscow, 2022, Vol. 2, P. 300–309.

12. Lapin E. S. Razrabotka pulsiruyushchikh rezhimov podachi teplonosatelya v sistemakh otopleniya zdaniy s sektionnymi radiatorami [Development of pulsating modes of coolant supply in heating systems of buildings with sectional radiators]: spetsialnost 2.1.3 : diss. ... kand. tekhn. nauk. Volgograd, 2023, 152 p., ill.

13. Kabanov O. V., Panfilov S. A., Prokin A. A., Sergushina E. S. Measuring the thermo physical properties of construction projects. Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, 2019, Vol. 16, № 7, P. 3121–3127. DOI 10.1166/jctn.2019.8229.

14. Kabanov O. V., Panfilov S. A., Prokin A. A. Automated portable installation to determine the thermo physical properties of the object. Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, 2019, Vol. 16, № 7, P. 3115–3120. DOI 10.1166/jctn.2019.8228.

15. Lebedeva A. V., Kabanov O. V. Energy-efficient autonomous system of heating. Journal of Computational and Theoretical Nanoscience, 2019, Vol. 16, № 1, P. 145–150. DOI 10.1166/jctn.2019.7714.

16. Panfilov S. A., Kabanov O. V., Shnyakin I. A., [et al.] Energy saving in heating systems of buildings and structures. International Journal of Engineering Research and Technology, 2020, Vol. 13, № 11, P. 3641–3643.

17. Panfilov S. A., Kabanov O. V., Grigoryev A. A., [et al.] Energy efficient system "smart house". Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, 2020, Vol. 12, № 7 Special Issue, P. 260–262. DOI 10.5373/JARDCS/V12SP7/20202106.

18. Levitsev A. P., Lapin E. S., Erofeev V. T. Povyshenie teploperedachi sektionnykh radiatorov otopleniya organizatsiy pulsatsiy teplonosatelya [Increasing heat transfer of radiator heating systems of pulsating heat transfer of radiator heating systems]



sectional heating radiators by organizing coolant pulsations]. *Fundamentalnye, poiskovye i prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitelstva i stroitelnoy otrasli Rossiyskoy Federatsii v 2021 godu* [Fundamental, Exploratory and Applied Research of RAACS on Scientific Support for the Development of Architecture, Urban Planning and the Construction Industry of the Russian Federation in 2021]: sbornik nauchnykh trudov. Rossiyskaya akademiya arkhitektury i stroitelnykh nauk. Moscow, 2022, Vol. 2, P. 165–176.

19. Lapin E. S. Skhemnoe reshenie sistemy otopleniya zdaniya s pulsiruyushchim rezhimom podachi teplonosatelya dlya zavisimogo prisoedineniya k teplovoy seti [Schematic solution of a building heating system with a pulsating mode of coolant supply for dependent connection to a heating network]. *Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy* [Energy-Efficient and Resource-Saving Technologies and Systems]: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Saransk, 24–25 noyabrya 2021 goda. Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N. P. Ogaryova. Saransk, 2022, P. 238–241.

20. Levitsev A. P., Lapin E. S., Chen D. Ispolzovanie tarelchatykh diafragm transportnykh sredstv v dvukhkonturnykh membrannykh nasosakh [Use of vehicle poppet diaphragms in double-circuit diaphragm pumps]. *Inzhenernye tekhnologii i sistemy* [Engineering Technologies and Systems], 2023, Vol. 33, № 1, P. 68–78. DOI 10.15507/2658-4123.033.202301.068-078.

21. Kashurkin A. Yu., Usikov S. M., Melnikova I. V. Opredelenie rastvorimosti gazov v teplonositele vodyanykh sistem otopleniya pri kharakternykh ekspluatatsionnykh rezhimakh [Determination of gas solubility in the coolant of water heating systems under characteristic operating modes]. *Inzhenerny vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], 2024, № 12 (120), P. 561–571.

22. Kudashev S. F., Lapin E. S., Lapin R. S. O tselesoobraznosti frikullinga v sisteme oborotnogo vodosnabzheniya na territorii Leningradskoy oblasti [On the feasibility of free cooling in the recycling water supply system in the Leningrad region]. *Zhilishchnoe khozyaystvo i kommunalnaya infrastruktura* [Housing and Utilities Infrastructure], 2024, № 3 (30), P. 19–26. DOI 10.36622/2541-9110.2024.30.3.002.

23. Lapin E. S., Lapin R. S. Teploperedacha sektionnogo radiatora pri snizhenii chastoty pulsatsiy teplonosatelya [Heat transfer of a sectional radiator with a decrease in the frequency of coolant pulsations]. *Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy* [Energy-Efficient and Resource-Saving Technologies and Systems]: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 70-letiyu P. V. Senina. Saransk, 22–23 noyabrya 2023 goda. Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N. P. Ogaryova. Saransk, 2024, P. 236–240.

24. Kashurkin A. Yu., Usikov S. M. Optimizatsiya konstruktsii gorizontalnykh sistem vodyanogo otopleniya s kvartirnymi stantsiyami [Optimization of the design of horizontal water heating systems with apartment stations]. *Inzhenerny vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], 2024, № 11 (119), P. 666–686.

**© Е. С. Лапин, А. П. Левцев, Е. С. Сергушина, С. А. Панфилов, О. В. Кабанов,  
А. Ю. Кашуркин, С. М. Усиков, 2026**

Получено: 01.12.2025 г.