

2.1.3 Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (технические науки)

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ: ПРОБЛЕМЫ И СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ

Е. С. ЛАПИН<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент

А. П. ЛЕВЦЕВ<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор

Е. С. СЕРГУШИНА<sup>1</sup>, зам. директора по учебной работе

С. А. ПАНФИЛОВ<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор

О. В. КАБАНОВ<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент

А. Ю. КАШУРКИН<sup>2,3</sup>, заведующий лабораторией

leontiii@mail.ru

С. М. УСИКОВ<sup>2,3</sup>, канд. техн. наук, доцент

E. S. LAPIN<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

A. P. LEVTSEV<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Tech.), Professor

E. S. SERGUSHINA<sup>1</sup>, Deputy Director of Academic Affairs

S. A. PANFILOV<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Tech.), Professor

O. V. KABANOV<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

A. Y. KASHURKIN<sup>2,3</sup>, Head of Laboratory

S. M. USIKOV<sup>2,3</sup>, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, Российская Федерация, Москва

<sup>2</sup> Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им Н.П. Огарева, Российская Федерация, Саранск

<sup>3</sup> Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Российская Федерация, Москва

<sup>1</sup> Scientific-Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences (RAACS), Russian Federation, Moscow

<sup>2</sup> National Research Ogarev Mordovia State University, Russian Federation, Saransk

<sup>3</sup> Moscow State University of Civil Engineering (MGSU), Russian Federation, Moscow

**Аннотация.** 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

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

**Список источников**

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. Огарёва. – Текст : непосредственный.
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. Огарёва. – Текст : непосредственный.
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. Огарёва. – Текст : непосредственный.
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. – Текст : непосредственный // 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. Огарёва. – Текст : непосредственный.
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. Огарёва. – Текст : непосредственный.
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. – Текст : непосредственный.
9. Конструктивные особенности и оценка работы оборудования для импульсной подачи теплоносителя / А. П. Левцев, Е. С. Лапин, М. В. Бикунова, В. В. Салмин. – Текст : непосредственный // 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. – Текст : непосредственный // 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. 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
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, E. S. // 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. – Текст : непосредственный // 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. 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. – Саранск : Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, 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 обратного 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. – Текст : непосредственный // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию П. В. Сенина, Саранск, 22–23 ноября 2023 года. – Саранск : Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, 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.

## ENERGY EFFICIENCY OF HEATING SYSTEMS: CHALLENGES AND MODERN SOLUTIONS

**Abstract.** *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.*

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

### References

1. Patent No. 2716545 C1 Russian Federation, IPC F24D 3/00, F24D 17/00. The heat supply system and the method of organizing its work : No. 2019131243 : application 03.10.2019 : published 12.03.2020 / A. P. Levtshev, E. S. Lapin, A. A. Golyanin [et al.] ; applicant National Research

Mordovian State University named after N. P. Ogarev. – Text : direct.

2. Patent No. 2754569 C1 Russian Federation, IPC F24D 3/02. Heating system of a building of independent connection with the organization of a pulsating mode of movement of the coolant in it : No. 2020134571 : application 21.10.2020 : published 03.09.2021 / A. P. Levtshev, A. A.

- Golyanin, E. S. Lapin ; applicant National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev. – Text : direct.
3. Patent No. 2746638 C1 Russian Federation, IPC F24D 3/02. Heating system of a dependent connection building with the organization of a pulsating mode of coolant movement in it : No. 2020133525 : application 13.10.2020 : published 04/19/2021 / A. P. Levitsev, E. S. Lapin, A. A. Golyanin, R. V. Pankratiev ; applicant National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev. – Text : direct.
4. Thermal resistance of external enclosing structures with variable heat flow / V. T. Erofeev, T. F. Yelchishcheva, A. P. Levitsev [et al.]. – Text : electronic. // Industrial and civil engineering. – 2022. – No. 10. – pp. 4-13. – DOI 10.33622/0869-7019.2022.10.04-13.
5. Panfilov, S. A. A method for studying the parameters of the thermal regime of a building room for setting up an energy-efficient heating system / S. A. Panfilov, O. V. Kabanov, V. T. Erofeev. – Text : direct // Fundamental, exploratory and applied research of the Russian Academy of Natural Sciences on scientific support for the development of architecture, urban Planning and the construction industry of the Russian Federation in 2021 : collection of scientific papers / Russian Academy of Architecture and Building Sciences. – Moscow : DIA, 2022. – Volume 2. – pp. 310-320.
6. Patent No. 2781893 C1 Russian Federation, IPC F24D 15/00, G05D 23/00. Method for determining the minimum time for switching on the heating system to heat a building room : No. 2021135973 : application 07.12.2021 : published 19.10.2022 / O. V. Kabanov, S. A. Panfilov ; applicant National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev. – Text : direct.
7. Certificate of state registration of the computer program No. 2022617121 Russian Federation. The program of adaptive control of the thermal regime of the building premises : No. 2022615826 : application 04/06/2022 : published 04/18/2022 / O. V. Kabanov, S. A. Panfilov ; applicant National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev. – Text : direct.
8. Kabanov, O. V. Improvement of energy supply modes in autonomous heating systems of industrial premises of buildings : specialty 2.1.3 : dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Kabanov Oleg Vladimirovich ; Volgograd State Technical University. Volgograd, 2022. 169 p. – Text : direct.
9. Levitsev A. P., Lapin E. S., Bikunova M. V., Salmin V. V. Design features and evaluation of the operation of equipment for pulsed coolant supply. – Text : direct // Regional architecture and construction. – 2018. – № 4 (37). – Pp. 151-158.
10. Kashurkin, A. Y. Optimization of the design of horizontal water heating systems with floor stations / A. Y. Kashurkin, S. M. Usikov // Innovations and investments. – 2024. – No. 12. – pp. 381-386.
11. Panfilov, S. A. Device for energy-saving heating control of an autonomous building / S. A. Panfilov, V. T. Erofeev, O. V. Kabanov. – Text : direct // Fundamental, exploratory and applied research of the Russian Academy of Natural Sciences on scientific support for the development of architecture, urban Planning and the construction industry of the Russian Federation in 2021 : collection of scientific papers / Russian Academy of Architecture and Building Sciences. – Moscow : DIA, 2022. – Volume 2. – pp. 300-309.
12. Lapin, E. S. Development of pulsating coolant supply modes in building heating systems with sectional radiators : specialty 2.1.3 : dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Lapin Evgeny
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, E. S. // 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. Levitsev A. P., Lapin E. S., Erofeev V. T. Increasing the heat transfer of sectional radiators by the organization of coolant pulsations. – Text : direct // Fundamental, exploratory and applied research of the Russian Academy of Natural Sciences on scientific support for the development of architecture, urban Planning and the construction industry of the Russian Federation in 2021 : collection of scientific papers / Russian Academy of Architecture and Building Sciences. – Moscow : DIA, 2022. – Volume 2. – pp. 165-176.
19. Lapin, E. S. Schematic solution of a building heating system with a pulsating coolant supply mode for dependent connection to the heating network / E. S. Lapin. – Text : direct // Energy-efficient and resource-saving technologies and systems : proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Saransk, November 24-25, 2021. Saransk : Ogarev National Research Mordovian State University, 2022, pp. 238-241.
20. Levitsev, A. P. The use of poppet diaphragms of vehicles in double-circuit diaphragm pumps / A. P. Levitsev, E. S. Lapin, D. Zhen. – Text : electronic // Engineering technologies and systems. – 2023. – Volume 33, No. 1. – pp. 68-78. – DOI 10.15507/2658-4123.033.202301.068-078.
21. Kashurkin, A. Y. Determination of the solubility of gases in the coolant of water heating systems under typical operating conditions / A. Y. Kashurkin, S. M. Usikov, I. V. Melnikova // Engineering Bulletin of the Don. – 2024. – № 12(120). – Pp. 561-571.
22. Kudashev, S. F. On the expediency of fracking in the circulating water supply system in the Leningrad region / S. F. Kudashev, E. S. Lapin, R. S. Lapin. – Text : electronic // Housing and communal infrastructure. – 2024. – № 3(30). – Pp. 19-26. – DOI 10.36622/2541-9110.2024.30.3.002.
23. Lapin, E. S. Heat transfer of a sectional radiator with a decrease in the frequency of pulsations of the coolant / E. S. Lapin, R. S. Lapin. – Text : direct // Energy-efficient and resource-saving technologies and systems : proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 70th anniversary of P. V. Senin, Saransk, November 22-23, 2023. Saransk : Ogarev National Research Mordovian State University, 2024, pp. 236-240.
24. Kashurkin, A. Y. Optimization of the design of horizontal water heating systems with apartment stations / A. Y. Kashurkin, S. M. Usikov // Engineering Bulletin of the Don. – 2024. – № 11(119). – Pp. 666-686.

© Лапин Е. С., Левцев А. П., Сергушина Е. С., Панфилов С. А., Кабанов О. В., Кашуркин А. Ю., Усиков С. М., 2025