



УДК 621.17

Е. С. ЛАПИН, канд. техн. наук, доц. кафедры теплоэнергетических систем;
А. П. ЛЕВЦЕВ, д-р техн. наук, проф. кафедры теплоэнергетических систем;
Е. С. СЕРГУШИНА, зам. директора по учебной работе многопрофильного колледжа;
С. А. ПАНФИЛОВ, д-р техн. наук, проф. кафедры электроники и электротехники,
О. В. КАБАНОВ, канд. техн. наук, доц. кафедры электроники и электротехники

СТРАТЕГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ

ФГБОУ ВО «НИ МГУ им Н.П. Огарева»

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

Тел.: +7 (8342) 24-37-32; эл. почта: mrsu@mrsu.ru

Ключевые слова: отопление, эффективность, проблемы, стратегия, температура, импульсный режим.

В данной статье рассматриваются проблемы и современные решения, связанные с эффективностью систем отопления. Описаны недостатки зависимости отопительных систем от тепловых сетей, такие как перегрев обратного трубопровода и нарушения температурного режима. Подчеркивается важность пульсирующего потока теплоносителя, который может повысить эффективность отопления до 40%. Приводятся результаты исследований, подтверждающие увеличение теплопередачи и эффективности отопительных систем при использовании новых технологий и стратегий.

Зависимость систем отопления от тепловых сетей не лишена недостатков. Один из них – перегрев обратного трубопровода при колебаниях давления в сети, что приводит к несоответствию температурного режима [1-26]. Проблему можно решить установкой дополнительных насосов для перемешивания теплоносителя из обратки в подачу.

Для стабилизации гидравлического режима в длинных сетях устанавливают дроссельные шайбы. Например, на тепловых станциях ОАО «МОЭК» установлено свыше 9500 таких шайб. Отопительные приборы подвергаются активной оптимизации гидравлического режима с использованием подмешивающих насосов. Это способствует значительному увеличению скорости движения теплоносителя в настоящее время. Особо важной занимательной задачей является формирование пульсирующего потока теплоносителя в системе отопления, что повышает эффективность до 40% при низких температурах. Современные методы для улучшения эффективности включают прерывистое отопление офисных зданий с экономией до 40% и импульсное теплоснабжение с экономией до 28% [1-7].

Использование регулирующих клапанов может нарушить гидравлический режим сети и снизить эффективность работы отопительных устройств. Поэтому в новых строениях все чаще используют пластинчатые радиаторы, такие как *PURMO* и аналоги.

Нами разработана стратегия повышения энергоэффективности систем теплоснабжения помещений зданий, представленная на рис. 1.

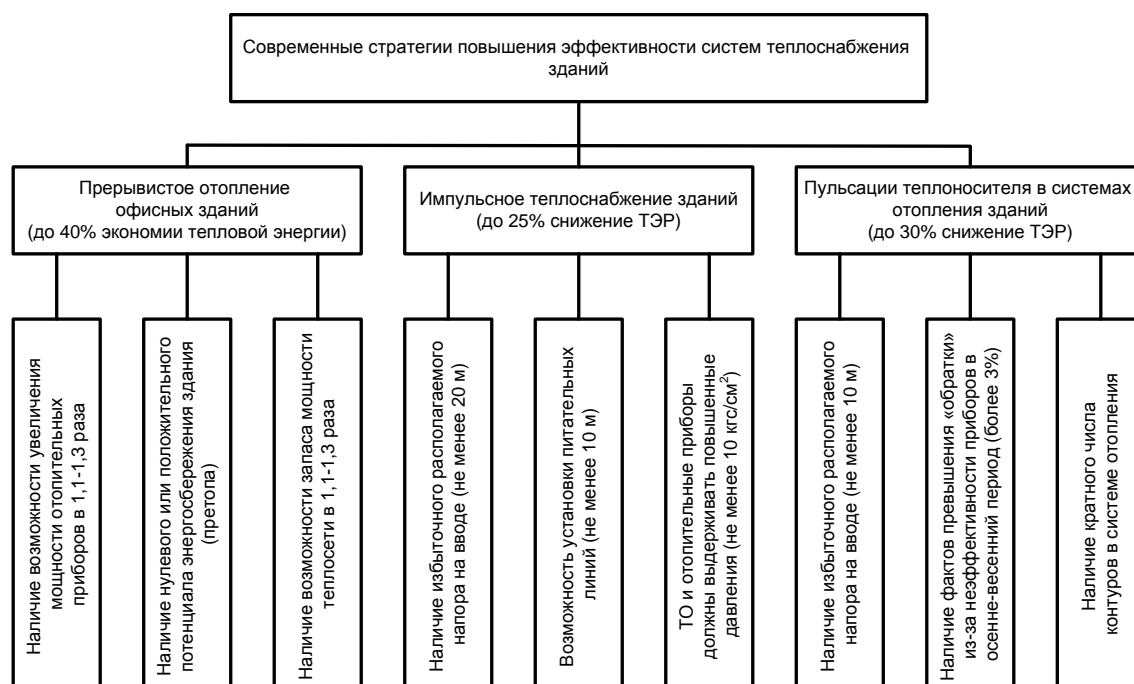


Рис. 1. Диаграмма стратегии повышения эффективности систем теплоснабжения помещений зданий

Исследования в области улучшения систем отопления зданий с саморегулирующимися элементами и реализацией пульсирующего режима остаются важными и актуальными для практики. Анализ данных показывает, что использование пульсирующего течения теплоносителя приводит к более равномерному распределению температуры на поверхности саморегулирующихся элементов, что существенно повышает эффективность работы системы отопления [3-5].

Данное исследование предоставляет выводы сравнительных тестов, проведенных с целью анализа изменения температуры на внешней поверхности радиатора модели БМ РБС-500 при постоянном потоке в стационарном и переменном режимах циркуляции теплоносителя.

На рис. 2 приведена диаграмма распределения точек секционного биметаллического радиатора в зависимости от уровней температур [6-11].

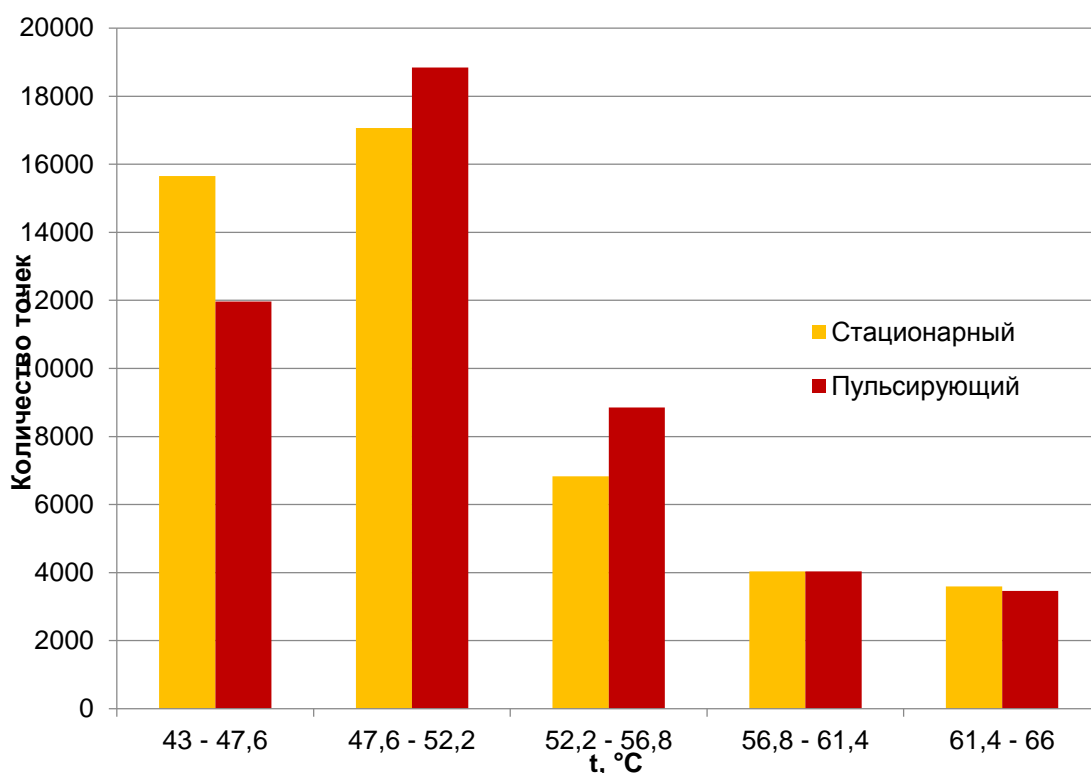


Рис. 2. Диаграмма распределения точек секционного биметаллического радиатора в зависимости от уровней температур

В Национальном исследовательском Московском государственном строительном университете совместно с ФГБОУ ВО НИ МГУ им. Н.П. Огарева проводились углубленные исследования по улучшению процесса теплопередачи в специализированных каналах. Нововведения в области теплопередачи способны кардинально повысить эффективность отопительных систем. Турбулизация потока теплоносителя приводит к значительному повышению теплопередачи на поверхностях теплообменников, что особенно важно для новых моделей микроканальных теплообменников [7-12].

Теплопередача зависит от времени прерывания потока теплоносителя. Исследования показали, что увеличение теплопередачи на уровне 25% достигается при частоте около 1 Гц. При использовании импульсного режима при той же частоте также наблюдалось увеличение теплопередачи до 40%. Это демонстрирует необходимость развития современных методов регулирования потоков теплоносителя для повышения энергоэффективности оборудования [12-16].

Усиление теплопередачи также наблюдалось на более низких частотах для жидких сред. Исследования влияния импульсного потока на потребление энергии панельных радиаторов показывают повышение эффективности на 20% при определенных параметрах. Это подчеркивает значимость научных исследований в области оптимизации энергопотребления и теплопередачи в различных типах обогревательного оборудования [16-19].

Среди стратегий отопления привлекает внимание технология с пульсирующей циркуляцией теплоносителя. Эта методика описана в различных



публикациях, где рассматривается положительный опыт применения колеблющихся потоков в теплообменном оборудовании для независимых систем теплоснабжения. При этом, для реализации таких методик в промышленности и бытовой сфере требуются дополнительные исследования и разработки для оптимального использования данной технологии.

За счет ограничения тепловой энергии в нерабочие часы, стратегия прерывистого отопления зданий обсуждается в мировой практике. Это чередование периодов прогрева и охлаждения позволяет экономить до 20% тепловой энергии. Однако такая стратегия требует дополнительных затрат на увеличение мощности отопительного оборудования. Следовательно, дальнейшие исследования в области оптимизации времени работы отопительных систем и снижения энергопотребления могут привести к значительному уменьшению экологического следа и экономии ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адлер, Ю. П. Введение в планирование эксперимента / Ю. П. Адлер. – Москва : Металлургия, 1969. – 157 с. – Текст : непосредственный.
2. Амосов, А. А. Вычислительные методы для инженеров : учебное пособие для втузов / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова. – 2-е изд., доп. – Москва : Изд-во МЭИ, 2003. – 596 с. – Текст : непосредственный.
3. Анисимова, Е. Ю. Эффективность управления микроклиматом здания в нерабочее время / Е. Ю. Анисимова, В. И. Панферов. – Текст : непосредственный // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. – 2014. – № 2 (146). – С. 72–78.
4. Бодров, М. В. Оценка эффективности систем водяного отопления при проведении капитального ремонта многоквартирных жилых домов / М. В. Бодров, В. Ф. Бодрова, М. С. Морозов. – Текст : непосредственный // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды : материалы XVI Международной научной конференции, Флоренция, 16-29 сентября 2018 года. – Флоренция : Волгоградский государственный медицинский университет, 2018. – С. 211–217.
5. Бодров, М. В. Теплотехнические измерения и приборы : учебное пособие / М. В. Бодров, В. Ю. Кузин; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2015. – 176 с. – ISBN 978-5-528-00053-4. – Текст : непосредственный.
6. Валуева, Е. П. Введение в механику жидкости : учебное пособие / Е. П. Валуева, В. Г. Свиридов. – Москва : Изд-во МЭИ, 2001. – 212 с. – ISBN 5-7046-0666-0. – Текст : непосредственный.
7. Валуева, Е. П. Гидродинамика и теплообмен при пульсирующем с большими амплитудами ламинарном течении в каналах / Е. П. Валуева, М. С. Пурдин. – Текст : непосредственный // Теплофизика и аэротехника. – 2018. – Том 23, № 5. – С. 735–746.
8. Валуева, Е. П. Гидродинамика и теплообмен пульсирующего ламинарного потока в каналах / Е. П. Валуева, М. С. Пурдин. – Текст : непосредственный // Теплоэнергетика. – 2015. – № 9. – С. 24–33.
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. Валуева, Е. П. Исследование теплообмена при пульсирующем ламинарном течении в прямоугольных каналах с граничным условием первого рода / Е. П. Валуева, М. С. Пурдин. – Текст : непосредственный // Теплофизика высоких температур. – 2017. – Том 55. – № 4. – С. 638–641.



11. Валуева, Е. П. Особенности гидродинамики и теплообмена при течении в микроканальных технических устройствах / Е. П. Валуева, А. Б. Гаряев, А. В. Клименко. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. – 140 с. – ISBN 978-5-383-01068-6. – Текст : непосредственный.
12. Валуева, Е. П. Особенности процесса конвективного теплообмена при пульсирующем турбулентном течении жидкости в трубе / Е. П. Валуева // Доклады академии наук. – 1999. – Выпуск 367. – № 3. – С. 333–337.
13. Валуева, Е. П. Пульсирующее ламинарное течение в прямоугольном канале / Е. П. Валуева, М. С. Пурдин. – Текст : непосредственный // Теплофизика и аэромеханика. – 2015. – Том 22, № 6. – С. 761-773.
14. Валуева, Е. П. Теплопередача при ламинарном пульсирующем течении в круглой трубе / Е. П. Валуева, В. Н. Попов, С. Ю. Романова. – Текст : непосредственный // Теплоэнергетика. – 1993. – № 8. – С. 47-54.
15. 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 РААСН / Российская академия архитектуры и строительных наук. – Москва : АСВ, 2022. – Том 2. – С. 310-320.
16. 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 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва". – Текст : непосредственный.
17. Гершкович, В. Ф. О возможности практической реализации регулирования теплопотребления зданий методом периодического прерывания потока теплоносителя / В. Ф. Гершкович. – Текст : непосредственный // Новости теплоснабжения. – 2000. – № 2 – С. 63–71.
18. Гортышов, Ю. Ф. Теплогидравлический расчет и проектирование оборудования интенсифицированным теплообменом / Ю. Ф. Гортышов, В. В. Олимпиев, Б. Е. Байгалиев. – Казань : Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004. – 432 с. – ISBN 5-7579-0712-6. – Текст : непосредственный.
19. 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 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва". – Текст : непосредственный.
20. 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 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – Текст : непосредственный.
21. 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.



22. Валуева, Е. П. Численное моделирование теплообмена при пульсирующем ламинарном течении в плоском канале / Е. П. Валуева, М. С. Пурдин. – Текст : непосредственный // Вестник МЭИ. – 2016. – № 5. – С. 123–132.

23. Галицейский, Б. М. Тепловые и гидродинамические процессы в колеблющихся потоках / Б. М. Галицейский, Ю. А. Рыжов, Е. В. Якуш. – Москва : Машиностроение, 1977. – 256 с. – Текст : непосредственный.

24. 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 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – Текст : непосредственный.

25. Кабанов, О. В. Совершенствование режимов подачи энергоносителя в системах автономного отопления производственных помещений зданий : специальность 2.1.3 : диссертация на соискание ученой степени и кандидата технических наук / Кабанов Олег Владимирович ; Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2023. – 169 с. – Текст : непосредственный.

26. Levsev, A. P. Increasing the heat transfer efficiency of sectional radiators in building heating systems / A. P. Levsev, E. S. Lapin, Q. Zhang // Magazine of Civil Engineering. – 2019. – № 8(92). – P. 63-75. – DOI 10.18720/MCE.92.5.

LAPIN Evgeny Sergeevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and power systems; LEVTSEV Aleksey Pavlovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of heat and power systems; SERGUSHINA Elena Sergeevna, deputy director for academic affairs of multidisciplinary college; PANFILOV Stepan Aleksandrovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of electronics and electrical engineering; KABANOV Oleg Vladimirovich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of electronics and electrical engineering

STRATEGIES FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF PULSE HEATING SYSTEMS

National Research Ogarev Mordovia State University
68/1, Bolshevistskaya St., 430005, Saransk, Russia.

Tel.: +7 (8342) 24-37-32; e-mail: mrsu@mrsu.ru

Key words: heating, efficiency, problems, strategy, temperature, pulse mode.

This article discusses the problems and modern solutions related to the efficiency of heating systems. It describes the disadvantages of heating systems depending on heating networks, such as overheating of the return pipeline and violations of the temperature regime. It emphasizes the importance of pulsating coolant flow, which can increase heating efficiency by up to 40%. It presents research results confirming the increase in heat transfer and efficiency of heating systems using new technologies and strategies.

REFERENCES

1. Adler Yu. P. Vvedenie v planirovanie eksperimenta [Introduction to Experiment Planning]. Moscow, Metallurgiya, 1969, 157 p.



2. Amosov A. A., Dubinsky Yu. A., Kopchenova N. V. Vychislitelnye metody dlya inzhenerov [Computational Methods for Engineers]. 2nd ed., Moscow, Izd-vo MEI, 2003, 596 p.
3. Anisimova E. Yu., Panferov V. I. Effektivnost upravleniya mikroklimatom zdaniya v nerabochee vremya [Efficiency of building microclimate management during off-hours]. Santehnika, Otoplenie, Konditsionirovanie [Plumbing, Heating, Air Conditioning], 2014, № 2 (146), P. 72–78.
4. Bodrov M. V., Bodrova V. F., Morozov M. S. Otsenka effektivnosti sistem vodyanogo otopleniya pri provedenii kapitalnogo remonta mnogokvartirnykh zhilykh domov [Evaluation of the efficiency of water heating systems during major repairs of apartment buildings]. Kachestvo vnutrennego vozdukhа i okruzhayushchey sredy [Quality of indoor air and the environment] : materialy XVI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, Florentsia, 16-29 sentyabrya 2018 goda. Florence, Volgogradskiy gosudarstvenny meditsinskiy universitet, 2018, P. 211–217.
5. Bodrov M. V., Kuzin V. Yu. Teplotekhnicheskie izmereniya i pribory [Thermotechnical Measurements and Instruments]. Nizhny Novgorod, NNGASU, 2015, 176 p.
6. Valueva E. P., Sviridov V. G. Vvedenie v mekhaniku zhidkosti [Introduction to Fluid Mechanics]. Moscow, Izd-vo MEI, 2001, 212 p.
7. Valueva, E. P., Purdin, M. S. Gidrodinamika i teploobmen pri pulsiruyushchem s bolshimi amplitudami laminarnom techenii v kanalakh [Hydrodynamics and heat transfer under pulsating laminar flow with large amplitudes in channels]. Teplofizika i aerotekhnika [Thermophysics and Aerotechnics], 2018, Vol. 23, № 5, P. 735–746.
8. Valueva E. P. Purdin M. S. Gidrodinamika i teploobmen pulsiruyushchego laminarnogo potoka v kanalakh [Hydrodynamics and heat transfer of a pulsating laminar flow in channels]. Teploenergetika [Thermal Power Engineering], 2015, № 9, P. 24–33.
9. Levtshev A. P., Lapin E. S., Bikunova M. V. Salmin, V. V. Konstruktivnye osobennosti i otsenka raboty oborudovaniya dlya impulsnoy podachi teponositelya [Design features and evaluation of the equipment operation for pulsed coolant supply]. Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo [Regional Architecture and Construction], 2018, № 4(37), P. 151–158.
10. Valueva E. P., and Purdin M. S. Issledovanie teploobmena pri pulsiruyushchem laminarnom techenii v pryamougolnykh kanalakh s granichnym usloviem pervogo roda [Study of heat transfer under pulsating laminar flow in rectangular channels with a boundary condition of the first kind]. Teplofizika vysokikh temperatur [High Temperature Thermophysics], 2017, Vol. 55, № 4, P. 638–641.
11. Valueva E. P., Garyaev A. B. Klimenko A. V. Osobennosti gidrodinamiki i teploobmena pri techenii v mikrokanalnykh tekhnicheskikh ustroystvakh [Features of hydrodynamics and heat transfer during flow in microchannel technical devices]. Moscow, Izdatelskiy dom MEI, 2016, 140 p.
12. Valueva E. P. Osobennosti protsessa konvektivnogo teploobmena pri pulsiruyushchem turbulentnom techenii zhidkosti v trube [Features of the convective heat transfer process under pulsating turbulent flow of a liquid in a pipe]. Doklady akademii nauk [Proceedings of the Academy of Sciences], 1999, Vol. 367, № 3, P. 333–337.
13. Valueva E. P. Purdin, M. S. Pulsiruyushchee laminarnoe techenie v pryamougolnom kanale [Pulsating laminar flow in a rectangular channel]. Teplofizika i aeromekhanika [Thermophysics and Aeromechanics], 2015, Vol. 22, № 6, P. 761-773.
14. Valueva E. P., Popov V. N., Romanova S. Yu. Teploperedacha pri laminarnom pulsiruyushchem techenii v krugloy trube [Heat transfer under laminar pulsating flow in a round pipe]. Teploenergetika [Thermal Engineering], 1993, № 8, P. 47-54.
15. Panfilov S. A., Kabanov O. V., Erofeev V. T. Metod issledovaniya parametrov teplovogo rezhima pomeshcheniya zdaniya dlya nastroiки energoeffektivnoy sistemy otopleniya [A method for studying the parameters of the thermal regime of a building room for setting up an energy-efficient heating system]. Fundamentalnye, poiskovye i prikladnye issledovaniya



RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitelstva i stroitelnoy otrasli RF 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 RAASN. Moscow, ASV, 2022, Vol. 2, P. 310-320.

16. Patent № 2781893 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F24D 15/00, G05D 23/00. Sposob opredeleniya minimalnogo vremeni vklyucheniya sistemy otopleniya na nagrev pomeshcheniya zdaniya [Method for determining the minimum time for turning on the heating system to heat a building room]: № 2021135973: zayavl. 07.12.2021; opubl. 19.10.2022 / O. V. Kabanov, S. A. Panfilov; zayavitel Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogaryova.

17. Gershkovich V. F. O vozmozhnosti prakticheskoy realizatsii regulirovaniya teplopotrebleniya zdaniy metodom periodicheskogo preryvaniya potoka teplonositelya [On the possibility of practical implementation of building heat consumption regulation by the method of periodic interruption of the coolant flow]. Novosti teplosnabzheniya [News of Heat Supply], 2000, № 2, P. 63-71.

18. Gortyshov Yu. F., Olimp'ev V. V., Baygaliev B. E. Teplogidravlicheskiy raschet i proektirovaniye oborudovaniya intensivirovannym teploobmenom [Thermal-hydraulic calculation and design of equipment with intensified heat exchange]. Kazan: Izd-vo Kazan. gos. tekhn. un-ta, 2004, 432 p.

19. Patent № 2716545 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK F24D 3/00, F24D 17/00. Sistema teplosnabzheniya i sposob organizatsii ee raboty [Heating 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 gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogaryova.

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

21. Yerofeyev V. T., Yelchishcheva T. F., Levtshev A. P. [et al.] Termicheskoye soprotivleniye naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruktsey pri peremennom teplovom potoke [Thermal resistance of external enclosing structures under variable heat flow]. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo [Industrial and Civil Engineering]. 2022, № 10, P. 4-13. DOI 10.33622/0869-7019.2022.10.04-13.

22. Valuyeva E. P., Purdin M. S. Chislennoye modelirovaniye teploobmena pri pulsiruyushchem laminarnom techenii v ploskom kanale [Numerical modeling of heat exchange during pulsating laminar flow in a flat channel]. Vestnik MEI [Bulletin of the Moscow Power Engineering Institute]. 2016, № 5, P. 123-132.

23. Galitseyskiy B. M., Ryzhov Yu. A., Yakush E. V. Teplovyye i gidrodinamicheskiye protsessy v koleblyushchikh potokakh [Thermal and hydrodynamic processes in oscillating flows]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1977, 256 p.

24. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2022617121 RF. Programma adaptivnogo upravleniya teplovym rezhimom pomeshcheniya zdaniya [Program for adaptive control of the thermal regime of a building room]: № 2022615826: zayavl. 06.04.2022; opubl. 18.04.2022 / O. V. Kabanov, S. A. Panfilov; zayavitel Natsionalny issledovatel'skiy Mordovskiy gosudarstvennyy universitet im. N.P. Ogaryova.

25. Kabanov O. V. Sovershenstvovaniye rezhimov podachi energonositelya v sistemakh avtonomnogo otopleniya proizvodstvennykh pomeshcheniy zdaniy [Improvement of energy carrier supply modes in autonomous heating systems of industrial building premises]: diss. ... kand. tekhn. nauk, 2023, 169 p.



26. Levsev A. P. Increasing the heat transfer efficiency of sectional radiators in building heating systems / A. P. Levsev, E. S. Lapin, Q. Zhang // Magazine of Civil Engineering. – 2019. – No. 8(92). – P. 63-75. – DOI 10.18720/MCE.92.5.

**© Е. С. Лапин, А. П. Левцев, Е. С. Сергушина, С. А. Панфилов, О. В. Кабанов,
2025**

Получено: 09.01.2025 г.