

УДК 697.34

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

# ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СЕЛИТЕБНОЙ ЗАСТРОЙКИ

Т. С. Жилина, М. Н. Павлова  
Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

## STUDY OF THE OPERATION OF DISTRICT HEATING SYSTEMS IN RESIDENTIAL AREAS

Tatiana S. Zhilina, Maria N. Pavlova  
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

**Аннотация.** В данной статье авторами рассмотрены методы усовершенствования режимов работы систем централизованного теплоснабжения в условиях селитебной застройки. Раскрыта проблема поставки теплоносителя тепловой энергии конечному потребителю и выявлены основные факторы, влияющие на отклонение проектных параметров теплоносителя. Приведено понятие и пример применения схемы теплоснабжения для селитебных застроек.

Рассмотрены методы регулирования теплоносителя и их влияние на работу тепловой сети. Приведены принципиальные схемы с обозначением особенностей работы каждого метода при отклонении параметров поставки качественного теплоносителя до конечного потребителя тепловой энергии. Графически показана работа регулирующей арматуры при разных вариациях ее установки в системе теплоснабжения. Сделан

**Abstract.** The article considers methods to improve the modes of operation of district heating systems in residential areas. The authors identify the problem of heat carrier heat supply to the final consumer and describe the main factors that influence the deviation of the design parameters of the heat carrier. The concept and example of the application of the heat supply scheme for residential developments is given. The paper demonstrates methods of regulating the heat carrier and their effect on the operation of the heating network. The authors give schematic diagrams with the peculiarities of each method operation in case of deviation of parameters of supply of quality heat carrier to the final customer. The operation of control valves with different variations of their installation in the heat supply system is shown graphically.

It can be concluded that there is a need to revise the provisions of the concept of district heating

вывод о том, что существует необходимость в пересмотре положений концепции централизованного теплоснабжения, касающихся регулирования тепловой нагрузки и структуры покрытия тепловых нагрузок потребителей.

**Ключевые слова:** горячее водоснабжение, тепловая сеть, регулирование теплового потока, индивидуальный тепловой пункт, центральный тепловой пункт

concerning the regulation of heat loads and the structure of coverage of heat loads of consumers.

**Key words:** hot water supply, heating network, heat flow regulation, individual heating plant, central heat point

**Для цитирования:** Жилина, Т. С. Исследование работы централизованных систем теплоснабжения в условиях селитебной застройки / Т. С. Жилина, М. Н. Павлова. – DOI 10.31660/2782-232X-2023-1-36–44. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2023. – № 1 (103). – С. 36–44.

**For citation:** Zhilina, T. S., & Pavlova, M. N. (2023). Study of the operation of district heating systems in residential areas. Architecture, Construction, Transport, (1(103)), pp. 36-44. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2023-1-36-44.

## Введение

В большинстве городов России наиболее распространенная система теплоснабжения – централизованная. Применение данной системы обусловлено возможностью использования тепла, вырабатываемого теплоэлектроцентралью (далее – ТЭЦ) в когенерационном цикле, а именно в процессе теплофикации, бесперебойностью работы, которая обеспечивается аварийным оборудованием, и экологичностью. Главной функцией источника теплоты является поставка качественного теплоносителя потребителю тепла. Однако на самих станциях выработки теплоты сталкиваются с недогревом или перегревом теплоносителя, то есть с проблемой ненормативного отпуска тепла. Это связано с резким изменением температуры наружного воздуха, что вызывает недогрев в подающем трубопроводе, неполное потребление поставляемой тепловой энергии потребителями и перегрев в обратном трубопроводе.

## Объект и методы исследования

В данной статье авторами рассмотрены методы по усовершенствованию режимов поставки качественного теплоносителя конечному потребителю в условиях селитебной застройки. На сегодняшний день в городах чаще всего используют источник теплоты в виде ТЭЦ и стремятся работать и поставлять теплоноситель потребителю по проектному температурному графику согласно разработанной схеме теплоснабжения для конкретного города. В соответствии с Федеральным законом № 190-ФЗ<sup>1</sup>, схема теплоснабжения – это документ, содержащий предпроектные материалы по обоснованию эффективного и безопасного функционирования систем теплоснабжения поселения, городского округа, их развития с учетом правового регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и утверждаемый правовым актом.

Каждый год данная схема актуализируется с целью принятия решения о строительстве

<sup>1</sup> О теплоснабжении : Федеральный закон № 190-ФЗ : принят Государственной Думой 9 июля 2010 года : одобрен Советом Федерации 14 июля 2010 года. – Текст : электронный // КонсультантПлюс : сайт. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_102975/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_102975/) (дата обращения: 05.02.2023).

объектов на территории и их реализации на запланированные года, с разработкой и усовершенствованием поставки теплоносителя до потребителей в зависимости от климатических условий. К примеру, в городе Тюмени произведен пересмотр в поставке теплоносителя: тюменские ТЭЦ работают по проектному температурному графику в отопительный период 150/70 °С с фактическим ограничением максимальной температуры в тепловой сети на уровне 115 °С, в неотапительный период 70/47 °С. Ограничение максимальной температуры в подающем трубопроводе связано не только с достижением поставки качественного теплоносителя потребителю тепла, но и с энергоэффективным качественно-количественным регулированием отпуска тепловой энергии. Многие города стремятся к достижению такой эффективности для поставки качественного, «идеального» теплоносителя.

Для реализации программы повышения энергоэффективности российской экономики (определяется эффективностью функционирования топливно-энергетического комплекса), а также рационального энергоснабжения потребителей особое значение имеет теплофикация на базе централизованного теплоснабжения.

Теплофикация – это наиболее совершенный технологический способ производства электрической и тепловой энергии и один из основных путей снижения расхода топлива на выработку энергии. Термодинамической основой служит полезное использование отработавшей в тепловом двигателе и отводимой из теплосилового цикла теплоты [1].

Однако поставка «идеального» теплоносителя не всегда возможна в связи с тем, что допускаются перебои в тепловой сети, а именно порывы. Инциденты возникают из-за поставки большого количества тепловой энергии, так как температура теплоносителя зависит от температуры наружного воздуха (так, при резком изменении климатических условий необходима поставка тепловой энергии в большем объеме и с более высокими температурными параметрами). На загруженность тепловой сети влия-

ют также расширение территориальных границ селитебных застроек и эксплуатация большого количества трубопроводов тепловой сети без своевременного капитального ремонта и реконструкции.

Причиной перебоев является неполное потребление населением поставляемой тепловой энергии в неотапительный период, так как большинство людей находится в отпусках и уезжает из квартир, а также использование по большей части холодного водоснабжения в жаркую погоду. Как следствие, нарушается циркуляция во внутренней системе потребления тепла, и не до конца используемый теплоноситель с превышающим показателем температуры возвращается в систему водоподготовки. Также большую роль играет сам подбор теплообменного оборудования и его исправность.

В целом регулирование отпуска тепловой энергии может осуществляться тремя способами [2]:

- качественным, заключающимся в регулировании отпуска тепловой энергии путем изменения температуры теплоносителя на входе в прибор при сохранении постоянным количества расхода теплоносителя, подаваемого в регулирующую установку;
- количественным, заключающимся в регулировании отпуска теплоты путем изменения расхода теплоносителя при постоянной температуре на входе в регулирующую установку;
- качественно-количественным, заключающимся в регулировании отпуска теплоты путем одновременного изменения расхода и температуры теплоносителя.

## Результаты

Для решения проблемы с перегревом теплоносителя в обратном трубопроводе предлагаются следующие методы [3, 4]:

1. Вырабатываемая источником теплоты тепловая энергия полностью потребляется абонентами.

Данный метод будет работать при условии «сколько поставили, столько и потребили».

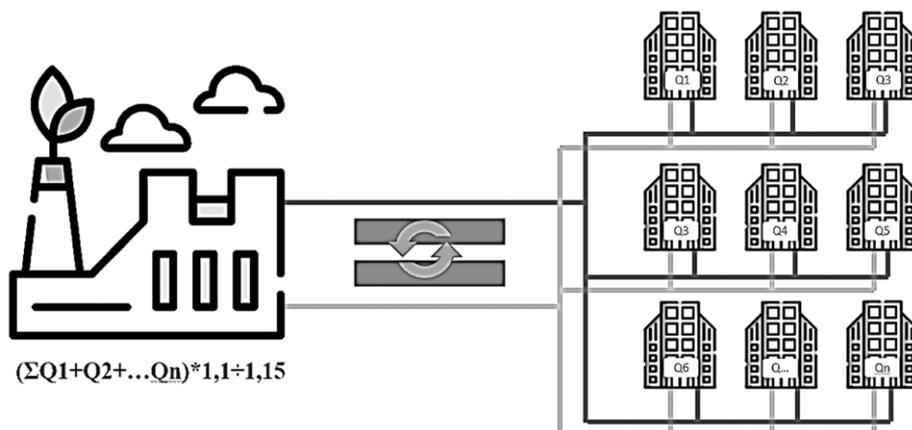


Рис. 1. Схема первого метода ГВС

Каждый объект потребляет в неотапительный период определенное количество фактической тепловой энергии. При сложении всех объектов потребления тепловой энергии от ТЭЦ будет поставляться общая фактически потребляемая тепловая энергия с запасом в 10–15 %, тем самым удастся избежать перегрева в обратном трубопроводе (рис. 1).

2. Регулирование температуры в обратном трубопроводе в индивидуальном тепловом

пункте (далее – ИТП) и центральном тепловом пункте (далее – ЦТП).

Применение данного метода возможно и непосредственно потребителем, и централизованно.

При установке датчика температуры на обратном трубопроводе и установке регулирующей арматуры на входе 1 ступени будет возможность регулировать поток теплоносителя индивидуально пообъектно (рис. 2).

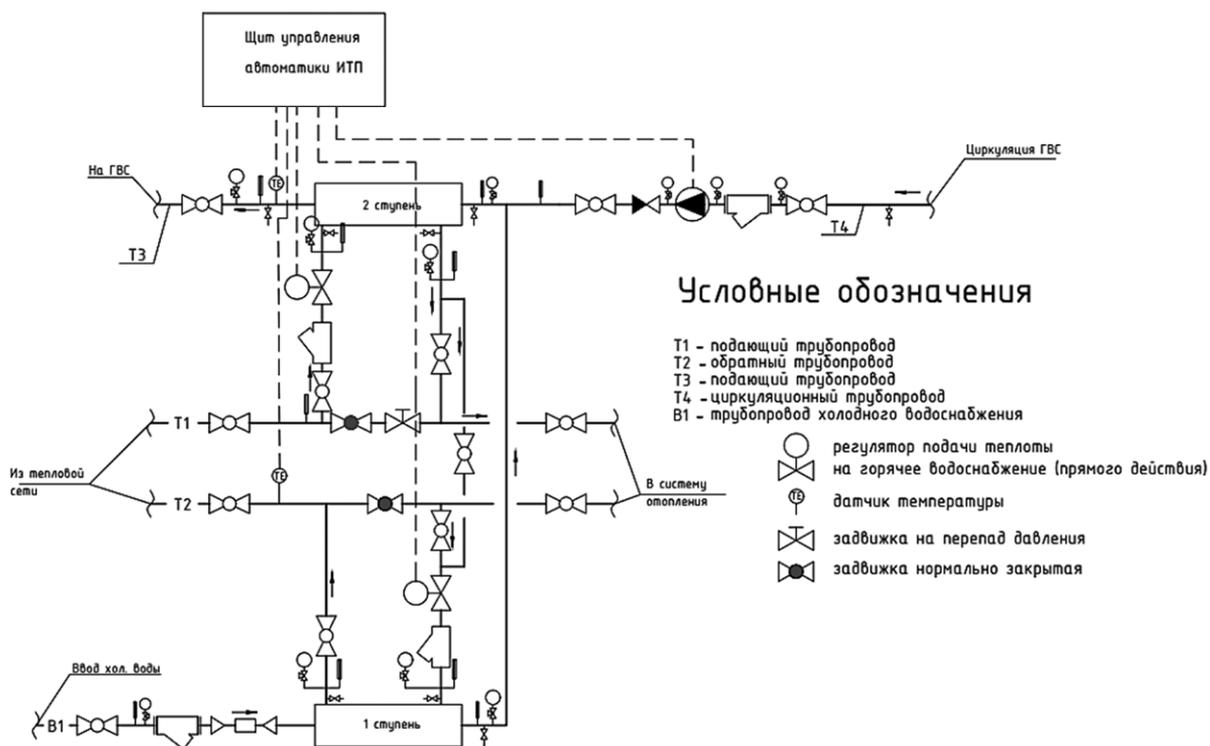


Рис. 2. Принципиальная схема второго метода ГВС (двухступенчатая последовательная схема присоединения)

Принцип работы данной схемы заключается в том, чтобы не допускать перегрева в обратном трубопроводе за счет регулятора теплоты на ГВС (прямого действия). Установка датчика температуры на обратном трубопроводе на вводе тепловой сети в здание будет учитывать температуру с уставкой по проектному температурному графику для обратного трубопровода, принятому для конкретного города или населенного пункта. При отклонении заданной уставки импульсная работа запорной регулирующей арматуры (далее – ЗРА) перед первой ступенью ГВС в обратном трубопроводе будет закрываться или открываться, тем самым регулируя поток теплоносителя через теплообменный аппарат, снижая или повышая его скорость и процесс теплообмена.

На подающем трубопроводе ГВС заданная уставка постоянная в контроллере 65 °С, согласно требованиям СанПиН 2.1.4.2496-09<sup>2</sup> и п. 7.6 СП 124.13330.2012<sup>3</sup>, при повышении температуры в обратном трубопроводе температура подачи ГВС снижается до 60 °С.

3. Переход с двухступенчатой схемы на одноступенчатую схему подключения ГВС.

Зачастую регулирование двухступенчатой схемы ГВС является непростой задачей. Необходимо контролировать каждый параметр теплоносителя на входе и выходе каждой ступени двух контуров, независимо от способа подключения ГВС: последовательного или смешанного. При исключении одной ступени становится легче регулировать параметры теплоносителя (рис. 3).

Принцип работы данного метода аналогичен принципу работы второго метода регулиро-

вания температуры в обратном трубопроводе в ИТП и ЦТП. При данном методе упрощается регулирование самой системы ГВС, а именно контроль одной из систем. Установка датчика температуры на обратном трубопроводе на вводе тепловой сети в здание также будет учитывать температуру с уставкой по проектному температурному графику для обратного трубопровода, принятому для конкретного города или населенного пункта. При отклонении заданной уставки в обратном трубопроводе импульсная работа ЗРА на обратном трубопроводе перед датчиком температуры будет закрываться или открываться, тем самым регулируя поток теплоносителя и не нарушая работу самой системы тепловой сети.

При применении второго и третьего методов необходимо соблюдать требования по эксплуатации теплообменных аппаратов. Исходя из опыта эксплуатационных служб теплоснабжающих организаций и фирм, рекомендуется промывка теплообменников не менее двух раз в год, так как теплоноситель содержит много солей и железа, которые оседают на пластинах и засоряют теплообменники, ухудшая их работу.

В процессе работы для достижения оптимального качества регулирования температуры в контуре ГВС может потребоваться изменение заданных для соответствующего регулятора параметров настройки. Оптимальный выбор коэффициентов настройки регулятора позволяет максимально быстро и практически без перерегулирования температуры вывести объект на заданную уставку. Характер переходного процесса графически представлен на рис. 4.

<sup>2</sup> Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения : СанПиН 2.1.4.2496-09 : Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.04.2009 № 20 (с изменениями от 02.04.2018) (вместе с «СанПиН 2.1.4.2496-09. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Изменение к СанПиН 2.1.4.1074-01. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы). – Текст : электронный // Законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации : сайт. – URL: <https://legalacts.ru/doc/postanovlenie-glavnogo-gosudarstvennogo-sanitarnogo-vracha-rf-ot-07042009-n/> (дата обращения: 05.02.2023).

<sup>3</sup> Тепловые сети = Thermal networks : СП 124.13330.2012 : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. № 280 : введен в действие 1 января 2013 г. – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095545> (дата обращения: 05.02.2023).

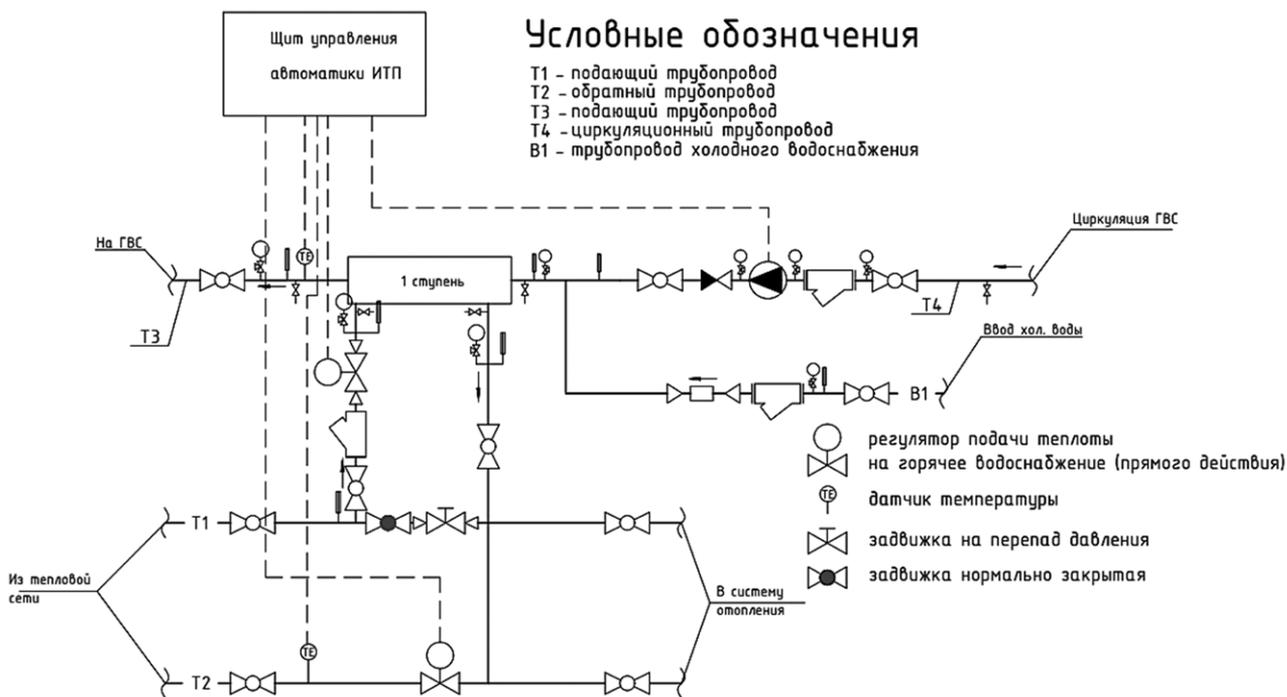


Рис. 3. Принципиальная схема третьего метода регулирования ГВС (одноступенчатая схема предвключенная)

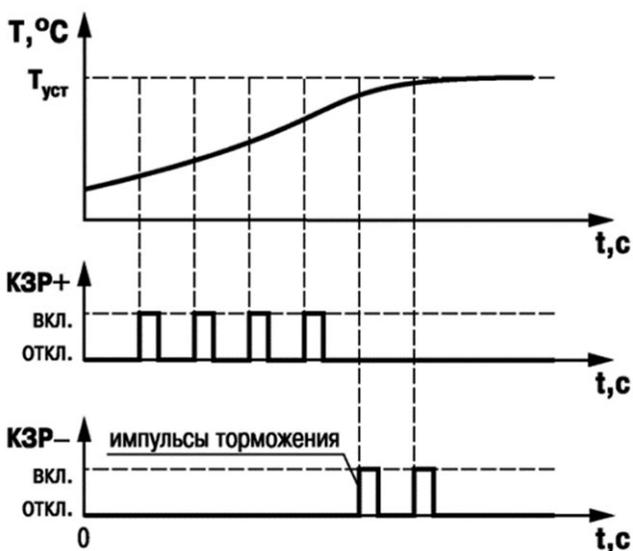


Рис. 4. Режим работы ЗРА при сохранении заданной уставки температуры в контуре ГВС

Сама работа ЗРА никак не будет влиять на контур тепловой сети в связи с тем, что арматура регулирует поток теплоносителя непосредственно перед водоподогревательным аппаратом.

В случае расположения ЗРА на обратном трубопроводе (рис. 5) после арматуры уменьшится давление теплоносителя. При масштабном внедрении данного метода необходимо предусмотреть повысительные насосные станции на магистральных сетях или повысительные насосы на вводе в здание на обратном трубопроводе у потребителей.

Для решения проблемы с недогревом теплоносителя в подающем трубопроводе предлагаются следующие методы [5, 6]:

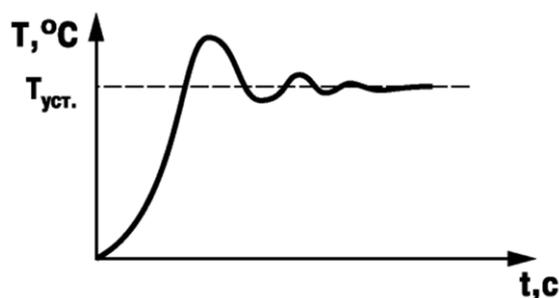


Рис. 5. График изменения температуры в подающем трубопроводе ГВС при сохранении заданной уставки температуры в контуре ГВС

1. Диагностика теплопроводов перед началом отопительного периода, задачами которой являются:
  - оценка фактического уровня износа участков сетей, остаточного ресурса эксплуатации;
  - выявление имеющихся недостатков, дефектов, нарушений на основе визуального и инструментального контроля;
  - диагностика на предмет наличия скрытых утечек;
  - определение технического состояния трубопроводов, возможности дальнейшей эксплуатации;
  - расчеты, анализ и обобщение результатов на основе действующих нормативов, обоснование необходимости замены (перекладки) аварийных участков сетей.
2. Проведение обследования и выявления районов со старыми теплотрассами, в которых трубы подвержены порывам, для замены на новые трубопроводы с высоким показателем толщины стенки [7, 8].

Как известно, эксплуатация тепловых труб составляет 30 лет, но даже за половину этого срока образуется слой накипи. Это дает допол-

нительную толщину стенки трубопровода, особенно если речь идет о старых трубах [9, 10]. Во избежание порывов тепловой сети из-за устарелости или подачи тепловой энергии в большом объеме предлагается замена трубопроводов с толщиной стенки не менее 8 мм для трубопроводов с диаметром более 108 мм.

## Выводы

На сегодняшний день регулирование систем теплоснабжения селитебных территорий является в сфере ЖКХ самой актуальной проблемой, решением которой инженеры занимаются на протяжении длительного времени. Появилась необходимость пересмотреть положения концепции централизованного теплоснабжения, касающиеся регулирования тепловой нагрузки и структуры покрытия тепловых нагрузок потребителей.

Предлагаемые решения позволяют добиться повышения экономичности и надежности работы систем теплоснабжения за счет повышения эффективности работы пиковых источников тепловой мощности, экономии топливно-энергетических ресурсов и увеличения выработки электроэнергии на тепловом потреблении.

## Библиографический список

1. Смородова, О. В. Сравнительный анализ методов регулирования теплоснабжения / О. В. Смородова, С. В. Китаев, Н. Ф. Усеев. – Текст : непосредственный // Norwegian Journal of Development of the International Science. – 2018. – № 17-1. – С. 54–58.
2. Игнатенок, В. В. Анализ методов регулирования отпуска тепловой энергии потребителям / В. В. Игнатенок, В. М. Боровков. – Текст : непосредственный // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2010. – № 2-2 (100). – С. 65–71.
3. Балабан-Ирменин, Ю. В. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей / Ю. В. Балабан-Ирменин, В. М. Липовских, А. М. Рубашов. – 2-е изд., перераб., доп. – Москва : Новости теплоснабжения, 2008. – 288 с. – Текст : непосредственный.
4. Рафальская, Т. А. Исследование переменных режимов работы систем централизованного теплоснабжения при качественно-количественном регулировании / Т. А. Рафальская, А. Р. Мансуров, И. Р. Мансурова. – DOI 10.15593/2224-9826/2019.2.07. – Текст : непосредственный // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2019. – Т. 10, № 2. – С. 79–91.
5. Защита трубопроводов от коррозии / В. С. Ромейко, В. Г. Баталов, В. И. Готовцев [и др.]. – Москва : ВНИИМП, 1998. – 208 с. – Текст : непосредственный.

6. Балабан-Ирменин, Ю. В. О защите трубопроводов теплосети от внутренней коррозии / Ю. В. Балабан-Ирменин. – Текст : электронный // РосТепло : сайт. – 2011. – URL: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=2856](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2856) (дата обращения: 31.01.2023).
7. Ротов, П. В. Способы регулирования тепловой нагрузки систем теплоснабжения. Перспективы развития / П. В. Ротов. – Текст : электронный // РосТепло : сайт. – URL: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=2451](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2451) (дата обращения: 01.02.2023).
8. Барков, Б. В. Мониторинг систем теплоснабжения поселений и городских округов / Б. В. Барков. – Текст : электронный // РосТепло : сайт. – URL: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=4169](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=4169) (дата обращения: 01.02.2023).
9. Зарубин, С. Н. Качественное проектирование тепловых сетей – основа надежной работы системы теплоснабжения / С. Н. Зарубин – Текст : электронный // РосТепло : сайт. – URL: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=4170](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=4170) (дата обращения: 01.02.2023).
10. Куриленко, Н. И. Коррозионное разрушение внутренних стальных поверхностей в тепловых сетях. Анализ и методы определения / Н. И. Куриленко, К. Е. Кузьменко. – DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-46-52. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 4 (102). – С. 46–52.

#### References

1. Smorodova, O. V., Kitaev, S. V., & Useev, N. F. (2018). The heat adjustment methods comparative analysis. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, (17-1), pp. 54-58. (In Russian).
2. Ignatyonok, V. V., & Borovkov, V. M. (2010). Analiz metodov regulirovaniya otpuska teplovoy energii potrebitelyam. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta*, (2-2(100)), pp. 65-71. (In Russian).
3. Balaban-Irmenin, Yu. V., Lipovskih, V. M., & Rubashov, A. M. (2008). *Zashchita ot vnutrenney korrozii truboprovodov vodyanykh teplovykh setey*. 2<sup>nd</sup> edition, revised. Moscow, Novosti teplosnabzheniya Publ., 288 p. (In Russian).
4. Rafalskaya, T. A., Mansurov, A. R., & Mansurova, I. R. (2019). Investigation of variable modes of centralized heat supply systems operation with qualitative and quantitative regulation. *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Construction and Architecture*, 10(2), pp. 79-91. (In Russian). DOI 10.15593/2224-9826/2019.2.07.
5. Romeiko, V. S., Batalov, V. G., Gotovtsev, V. I., Dubenchak, V. E., & Simonova, I. A. (1998). *Zashchita truboprovodov ot korrozii*. Moscow, VNIIMP Publ., 208 p. (In Russian).
6. Balaban-Irmenin, Yu. V. (2011). O zashchite truboprovodov teploseti ot vnutrenney korrozii. (In Russian). Available at: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=2856](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2856) (accessed 31.01.2023).
7. Rotov, P. V. (2007). *Sposoby regulirovaniya teplovoy nagruzki sistem teplosnabzheniya. Perspektivy razvitiya*. (In Russian). Available at: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=2451](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2451) (accessed 01.02.2023).
8. Barkov, B. V. (2019). *Monitoring sistem teplosnabzheniya poseleniy i gorodskikh okrugov*. (In Russian). Available at: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=4169](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=4169) (accessed 01.02.2023).
9. Zarubin, S. N. (2019). *Kachestvennoe proektirovanie teplovykh setey – osnova nadezhnoy raboty sistemy teplosnabzheniya*. (In Russian). Available at: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=4170](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=4170) (accessed 01.02.2023).
10. Kurilenko, N. I. & Kuzmenko, K. E. (2022). Corrosion of internal steel surfaces in the heat supply network. Analysis and detection methods. *Architecture, Construction, Transport*, (4(102)), pp. 46-52. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2022-4-46-52.

### **Сведения об авторах**

Жилина Татьяна Семеновна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры инженерных систем и сооружений, Тюменский индустриальный университет, e-mail: zhilinats@tyuiu.ru

Павлова Мария Николаевна, аспирант кафедры инженерных систем и сооружений, Тюменский индустриальный университет, e-mail: pavmashanic@gmail.com

### **Information about the authors**

Tatiana S. Zhilina, Candidate in Engineering, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Engineering Systems and Structures, Industrial University of Tyumen, e-mail: zhilinats@tyuiu.ru

Maria N. Pavlova, Postgraduate at the Department of Engineering Systems and Structures, Industrial University of Tyumen, e-mail: pavmashanic@gmail.com