

**Для цитирования:** Шершенов Р.А., Ефимов А. Ю., Шмаков В. Ю. Повышение надежности систем теплоснабжения. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019;46(4):197-204. DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-4-197-204

**For citation:** R.A. Shershenov, A.Yu. Efimov, V. Yu. Shmakov. Increasing the reliability of heating systems. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2019; 46(4):197-204. (In Russ.) OI:10.21822/2073-6185-2019-46-4-197-204

## СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 697.113

DOI: 10.21822/2073-6185-2019-46-4-197-204

### ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

**Шершенов Р.А., Ефимов А.Ю., Шмаков В.Ю.**

*Национальный исследовательский Мордовский государственный университет*

*им. Н.П. Огарёва,*

*430005, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68, Россия*

**Резюме. Цель.** Статья посвящена вопросу повышения надежности систем теплоснабжения. В данное время это является одной из наиболее актуальных задач в вопросах теплоснабжения. Большое значение в плане безопасности граждан и государства в целом имеет вопрос надежности теплоснабжения. Современные реалии показывают, что безопасность теплоснабжения стоит практически на одном уровне с продовольственной безопасностью. **Метод.** Исследование проведено на основе метода проектирования схем резервирования тепловых сетей. **Результат.** Для избежания разморозки системы теплоснабжения и снижения дополнительных расходов предложена схема резервирования с односторонним присоединением к закольцованным головным магистральям, дополнительно осуществив закольцовку трубопроводов систем теплоснабжения между двумя котельными. Произведен расчет убытков в случае возникновения аварийной ситуации в системе теплоснабжения. **Вывод.** В настоящее время наиболее важным является решение проблемы повышения надежности и резервирования системы теплоснабжения в целях минимального дискомфорта потребителей тепловой энергии в момент отказа источника или трубопроводов системы теплоснабжения. Предложенный авторами способ повышения надежности эксплуатации системы теплоснабжения является одним из наиболее эффективных, поскольку способствует уменьшению количества часов простоя и общего количества недополученной потребителем теплоты.

**Ключевые слова:** теплоснабжение, надежность, повышение, недоотпуск, резервирование

## BUILDING AND ARCHITECTURE

### INCREASING THE RELIABILITY OF HEATING SYSTEMS

**R.A. Shershenov, A.Yu. Efimov, V.Yu. Shmakov**  
National Research Ogarev Mordovia State University,  
68 Bolshevik St., Saransk 430005, Russia

**Abstract. Objectives.** The study was aimed at improving the reliability of heat supply systems. At present, this is one of the most relevant topics in the field of heat supply. The issue of reliability of heat supply is of great importance in terms of the safety of citizens and the state as a whole. Due to the severity of winter conditions and risk of hypothermia, heat supply security can be considered to be as critical as food security. Therefore, the reliability of heat supply systems becomes one of the most important aspects of the security of the state. **Method.** The study was carried out using the method of reservation of the heat supply system by looping. **Result.** In order to avoid the defrosting of the heat supply system and reduce additional costs, a redundancy scheme was proposed with one-way connection to the looped main pipelines, additionally looping the pipelines of the heat supply systems between two boiler rooms. The calculation of losses in the event of an emergency in the heating system was carried out. **Conclusion.** The most important problem requiring immediate solution is how to increase the reliability and redundancy of the heat supply system itself, in order to achieve minimal discomfort for consumers of heat energy at the time of failure of the source or transmission of the heat supply system. The proposed method for increasing the reliability of operation of heat supply systems is characterized by a high efficiency, since allows the number of idle hours and the total amount of short-received heat to be reduced.

**Keywords:** heat supply, reliability, increase, under-supply, reservation

**Введение.** В настоящее время большое значение в плане безопасности граждан и государства в целом имеет вопрос надежности теплоснабжения. Современные реалии показывают, что безопасность теплоснабжения стоит практически на одном уровне с продовольственной безопасностью. А это значит, что надежность систем теплоснабжения является одним и важнейших аспектов безопасности существования государства.

Согласно государственной программе Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. №2446 [1], энергосбережение и повышение энергетической эффективности необходимо рассматривать как один из основных источников экономического роста ВВП страны.

Согласно подпрограммам вышеупомянутой государственной программы, планируется осуществление технических мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности тепло- и электростанциях. Предлагается техническое перевооружение действующих станциях с выводом из эксплуатации неэкономичного, морально устаревшего паросилового оборудования газовых тепловых станций и замена его новыми установками с использованием газотурбинных и парогазовых технологий, модернизация и реконструкция действующих конденсационных и теплофикационных установок и станций с использованием современного энергоэффективного оборудования.

Замена неэффективного оборудования на новое - это конечно хорошо, однако затраты, связанные с этим огромны, а отказы самого оборудования источников теплоснабжения имеют малую вероятность, а систем газоснабжения вообще минимальны и практически не ведется учет в перебоях с поставками топлива. Наиболее важным с нашей точки зрения является вопрос повышения надежности и резервирования самой системы теплоснабжения, для осуществления минимального дискомфорта потребителей тепловой энергии в моменты отказа источника или трубопроводов системы теплоснабжения.

**Постановка задачи.** Целью исследования является изучение современных способов повышения надежности систем теплоснабжения, их недостатки и предложить авторский вариант решения проблемы.

Исторически сложилось так, что в России применяются преимущественно системы центрального теплоснабжения посредством построенных систем комбинированной выработки тепловой и электрической энергии ТЭЦ.

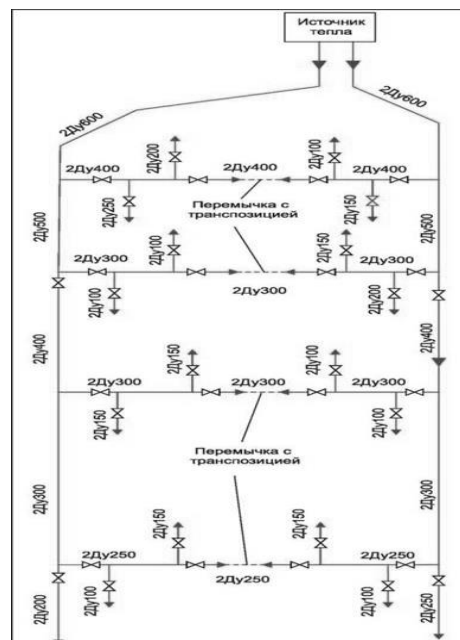
Однако в современных реалиях эффективность таких систем снижается [2]. Теплоэлектростанции становятся все менее востребованными. Их место занимают небольшие, компактные блочно-модульные котельные и сравнительно более эффективные газопоршневые установки [3]. Применение таких котельных позволяет разбить огромную систему теплоснабжения на небольшие подсистемы, которые позволяют более гибко управлять процессами теплоснабжения потребителей. В случаях выхода из строя какого либо элемента системы теплоснабжения одной подсистемы, снабжение тепловой энергией потребителя должно осуществляться от ближайшего источника теплоснабжения.

**Методы исследования.** При проектировании схем резервирования рекомендуется исходить из основных принципов создания резервной системы [4-9]:

1. Обеспечение резервирования на источнике тепла, путем установки большего числа котлов.
2. Вероятности аварии на одной головной магистрали в рассматриваемый период времени.
3. Возможности кратковременного отключения от тепловых сетей большинства потребителей при ускоренном выполнении ремонтных работ с учетом теплоустойчивости зданий.

Так же система резервирования, как и обычная система сетей теплоснабжения должна обладать живучестью, т.е. способностью сохранять свою работоспособность в случае возникновения аварийных или экстремальных ситуаций, связанных с изменением температуры наружного воздуха [10-15].

Основные способы резервирования, рассмотренные в [4] представлены на рис. 1-3.



**Рис.1. Схема резервирования тепловых сетей с двухсторонним присоединением к двум главным магистралям**

**Fig.1. Scheme of reservation of heating networks with two-way connection to two main highways**

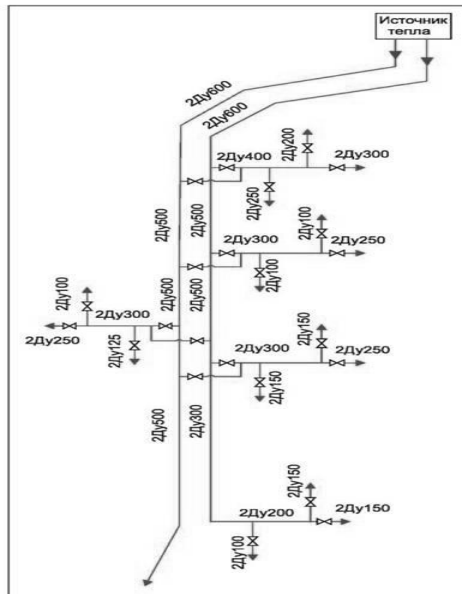


Рис. 2. Схема резервирования тепловых сетей с односторонним присоединением к двум главным магистралям

Fig.2. Scheme of reservation of heating networks with one-way connection to two main highways

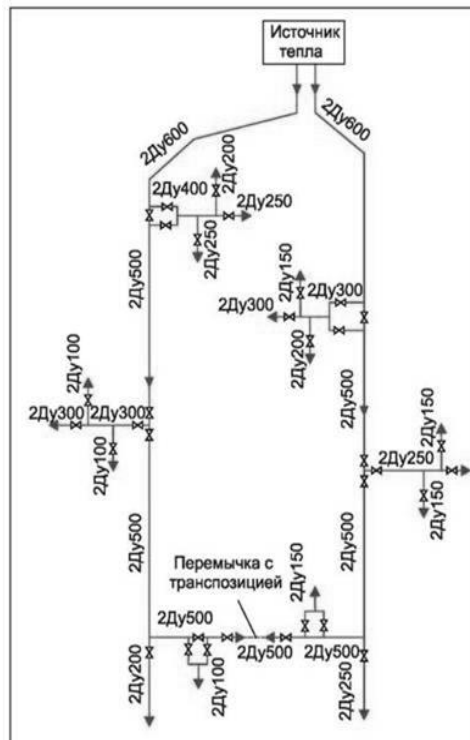


Рис.3. Схема резервирования тепловых сетей с односторонним присоединением к закольцованному главному магистральному трубопроводу

Fig.3. Scheme of redundancy of heating networks with one-sided connection to the looped main lines

**Обсуждение результатов.** Наиболее эффективной схемой является схема резервирования тепловых сетей с односторонним присоединением абонентов [5]. Однако данные схемы резервирования эффективны в тех случаях, когда происходит аварийная ситуация на трубопроводе. В ситуациях с выходом из строя оборудования самого источника теплоснабжения такая схема оказывается бесполезной.

Согласно приказу Минэнерго РФ от 12.03.2013 n 103 «Об утверждении правил оценки готовности к отопительному периоду» [5] все потребители делятся на три категории. Так как

большинство абонентов является потребителями второй и третьей категории, то подача тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилищно-коммунальным и промышленным потребителям осуществляется в размерах, указанных в табл. 1.

**Таблица 1. Допустимый отпуск тепловой энергии**

**Table 1. Allowable supply of thermal energy**

Наименование показателя Name of indicator	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления $t^{\circ}\text{C}$ (соответствует температуре наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92) The calculated outside temperature for heating design $t^{\circ}\text{C}$ (corresponds to the outside temperature of the coldest five-day security of 0.92)				
	$-10^{\circ}\text{C}$	$-20^{\circ}\text{C}$	$-30^{\circ}\text{C}$	$-40^{\circ}\text{C}$	$-50^{\circ}\text{C}$
Допустимое снижение подачи тепловой энергии, %, до Permissible reduction in the supply of thermal energy, %, to	78	84	87	89	91

Учитывая результаты анализа в [6] можно установить виды показателей и их граничные значения для трех аварийных состояний системы энергоснабжения:

1. Аварии чрезвычайной ситуации местного характера. Время восстановления ограничивается временем более шести часов, но менее 24 часов. Снижение температуры в зданиях ограничивается выше критической, но ниже комфортной ( $20^{\circ}\text{C}$ ). Относительный материальный ущерб к МРОТ находится в пределах  $5 \cdot 10^3$ .

2. Аварии чрезвычайной ситуации территориального уровня. Время восстановления подачи тепла ограничивается тремя сутками. Температура в зданиях ниже критического значения. Относительный материальный ущерб к МРОТ находится в пределах от  $5 \cdot 10^3$  до  $5 \cdot 10^5$ .

3. Аварии чрезвычайной ситуации регионального уровня. Характеризуются значительным временем восстановления, выше трех суток. Полностью остановлена подача теплоэнергии, температура в зданиях ниже нуля. Относительный материальный ущерб к МРОТ принимается более  $5 \cdot 10^5$ .

В договоре на теплоснабжение оговаривается гарантированное число часов  $n$ , в течение которых поставщик обязан поставлять потребителю горячую воду заданных параметров.

Однако в результате аварий, перебоев с подачей топлива, простоя оборудования по техническим причинам годовое число часов работы системы теплоснабжения бывает меньше. Кроме количества часов простоя, фиксируют и общее количество недополученной теплоты, Гкал, поскольку интенсивность отпуска тепла зависит от сезона. В пик нагрузки мощность источника максимальна и за один час потребителю отпускается теплоты больше, чем, скажем, весной, когда заканчивается отопительный сезон.

Произведём примерный расчет ущерба из-за недоотпуска тепловой энергии. Используя оценку систем надежности теплоснабжения относительный аварийный недоотпуск теплоты определяется по формуле:

$$(q) = \frac{\sum Q_{ав}}{\sum Q}, \quad (1)$$

где  $\sum Q_{ав}$  -аварийный недоотпуск теплоты (Гкал),  $\sum Q$  -расчетный отпуск тепла (Гкал).

В среднем 10-этажный дом в самый холодный месяц зимы потребляет около 12 Гкал/сут тепловой энергии, это 0,48 Гкал/ч. Учитывая возможность недоотпуска тепла в размере 87%, получаем, что относительный аварийный недоотпуск теплоты равен:

$$(q) = \frac{0,48 \cdot 0,87}{0,48} = 0,87$$

Стоимость одной Гкал тепловой энергии в Саранске составляет 1692,49 руб. Получаем часовой ущерб равен:

$$x = 0,87 \cdot 1692,49 = 1472,7 \text{ руб.}$$

При идеальном стечении обстоятельств (достаточно быстро будет обнаружено место повреждения, материалы и приспособления для восстановления системы будут имеется в арсенале аварийной бригады) время на восстановлении будет равно не меньше 6 часов. Основываясь на результатах расчетов, описанных выше, ущерб от недоотпуска тепловой энергии за одну аварийную ситуации составляет

$$x = 1472,7 \cdot 6 = 8836,2 \text{ руб.}$$

Это минимальные потери подчеркиваю только из-за недоотпуска тепловой энергии одного дома. Одна котельная осуществляет поставку теплоснабжения в среднем 60-70 потребителям. Конечная сумма ущерба составит 530 172 руб и это помимо того, что предстоит восстанавливать сам источник .

**Вывод.** Правительство Российской Федерации совместно с министерством энергетики разработали стратегию развития энергетической эффективности, основываясь на полном обновлении котельного оборудования.

С целью повышения надежности систем теплоснабжения необходимо применять схему с закольцовкой трубопроводов, но она не обеспечивает должной надежности теплоснабжения потребителей в случае выхода из строя источника теплоснабжения.

Для избежания разморозки системы и снижения дополнительных расходов рекомендуем применять схему резервирования с односторонним присоединением к закольцованным головным магистралям дополнительно осуществив закольцовку трубопроводов систем теплоснабжения между 2 котельными. Это доказано расчетами на одно здание. А котельная снабжает тепловой энергией не одно здание, а целые кварталы или даже микрорайоны. Поэтому предложенный способ повышения надежности системы теплоснабжения является одним из наиболее эффективных на данный момент.

#### **Библиографический список:**

1. Государственная программа Российской Федерации "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года" (утв. распоряжением Правительства РФ от 27 декабря 2010 г. № 2446-р)// [Электронный ресурс]. (дата обращения: 13.09.19). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_109625/1c6de4ecab11da862539d19b94ae677f09ba7caa/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_109625/1c6de4ecab11da862539d19b94ae677f09ba7caa/)
2. Ефимов А.Ю., Марков В.А. Анализ и оценка проблем систем горячего водоснабжения// Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы межвузовский сборник научных трудов, 2016. С. 167-173.
3. Артемов И.Н., Артемова Е.А. Наиболее полное использование теплоты уходящих газов котлоагрегатов// Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы Международная конференция., 2014. С. 126-129.
4. А.А.Арешкин, А.В. Москаленко, Н.В. Горобец, Д.Н. Николаевский, В.А. Кролин , Общие положения по резервированию подачи тепла в системах теплоснабжения// "Новости теплоснабжения" №01 (125), 2011. С. 26-35.
5. Глухов С.В., Чуриков Д.А. Новый подход к управлению системами теплоснабжения малых населенных пунктов // ОНВ. 2017. №4 (154). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-podhod-k-upravleniyu-sistemami-teplosnabzheniya-malyh-naselennyh-punktov> (дата обращения: 12.09.2019).
6. Гришкова А.В., Красовский Б.М., Полетаев И.А. О снижении надежности теплоснабжения при недостатке средств на перекладку тепловых сетей // Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности: Материалы IV РНТК Т.2. - Ульяновск: УлГТУ, 2003.
7. Жиркова М.В. Повышение надежности систем теплоснабжения малых населенных пунктов в условиях крайнего севера // Промышленное и гражданское строительство изд-во СГТУ, 2013. № 8 с.47-50.
8. Малая Э.М., Сергеева С.А. Энергосбережение как важный фактор развития инфраструктуры теплоснабжения //Вестник СГТУ. - Саратов: изд-во СГТУ, 2004. № 4.
9. МДС 41-6.2000 - Организационно-методические рекомендации по подготовке к проведению отопительного периода и повышению надежности систем коммунального теплоснабжения в городах и населенных пунктах Российской Федерации.— М.: СПО ОРГРЭС, 2000. – 37 с.

10. Пашенко Е.И. Анализ причин снижения ресурса тепловых сетей // *Новости теплоснабжения*. - 2002. - № 12. - С. 33 - 35.
11. Приказ минэнерго РФ от 12.03.2013 n 103 "об утверждении правил оценки готовности к отопительному периоду"// [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_145877/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_145877/) (дата обращения: 15.09.19).
12. Прогнозирование аварийных ситуаций на объектах жизнеобеспечения ЖКХ: отчет по НИР / В. Н. Иванов, В. А. Прохоров [и др.]. СВФУ им. М. К. Аммосова, гос. контракт № 334, тема № 1.9.14. Якутск, 2006.
13. Прохоров Д. В. Повышение надежности децентрализованных энергетических систем северных территорий: дис. кандидат технических наук, Якутск, 2018, с.123
14. Стенников В.А., Постников И.В. Комплексный анализ надежности теплоснабжения потребителей// *Известия российской академии наук. энергетика*, 2011. С. 107-121.
15. Федеральный закон от 27.07.2010 N 190-ФЗ (ред. от 29.07.2018) "О теплоснабжении" [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_102975/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_102975/) (дата обращения: 14.09.19).

#### References:

1. Gosudarstvennaya programma Rossiyskoy Federatsii "Energoberezheniye i povysheniye energeticheskoy effektivnosti na period do 2020 goda" (utv. rasporyazheniyem Pravitel'stva RF ot 27 dekabrya 2010 g. № 2446-r)// [Elektronnyy resurs]. (data obrashcheniya: 13.09.19) URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_109625/1c6de4ecab11da862539d19b94ae677f09ba7caa/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_109625/1c6de4ecab11da862539d19b94ae677f09ba7caa/). [The state program of the Russian Federation "Energy conservation and energy efficiency for the period up to 2020" (approved by the order of the Government of the Russian Federation of December 27, 2010 No. 2446-r) [Electronic resource].(accessed September 13, 2019) URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_109625/1c6de4ecab11da862539d19b94ae677f09ba7caa/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_109625/1c6de4ecab11da862539d19b94ae677f09ba7caa/) (In Russ)]
2. Yefimov A.YU., Markov V.A. Analiz i otsenka problem sistem goryachego vodosnabzheniya// *Energoeffektivnyye i resursoberegayushchiye tekhnologii i sistemy mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov*, 2016. S. 167-173. [Efimov A.Yu., Markov V.A. Analysis and assessment of problems of hot water supply systems // *Energy-efficient and resource-saving technologies and systems of inter-university collection of scientific papers*, 2016. P. 167-173. (In Russ)]
3. Artemov I.N., Artemova Ye.A. Naiboleye polnoye ispol'zovaniye teploty ukhodyashchikh gazov kotloagregatov// *Energoeffektivnyye i resursoberegayushchiye tekhnologii i sistemy Mezhdunarodnaya konferentsiya.*, 2014. S. 126-129. [Artemov I.N., Artemova E.A. The most complete use of the heat of the exhaust gases of boiler units // *Energy-efficient and resource-saving technologies and systems International Conference.*, 2014. pp. 126-129. (In Russ)]
4. A.A.Areshkin, A.V. Moskalenko, N.V. Gorobets, D.N. Nikolayevskiy, B.A. Krolin , Obshchiye polozheniya po rezervirovaniyu podachi tepla v sistemakh teplosnabzheniya// "*Novosti teplosnabzheniya*" №01 (125), 2011. S. 26-35. [A.A. Areshkin, A.V. Moskalenko, N.V. Gorobets, D.N. Nikolaevsky, B.A. Krolin, General Provisions for Reserving Heat Supply in Heat Supply Systems // "*Heat Supply News*" No. 01 (125), 2011. pp. 26-35. (In Russ)]
5. Glukhov S.V., Churikov D.A. Novyy podkhod k upravleniyu sistemami teplosnabzheniya malykh naseleennykh punktov // *ONV*. 2017. №4 (154). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-podhod-k-upravleniyu-sistemami-teplosnabzheniya-malykh-naseleennykh-punktov> (data obrashcheniya: 12.09.2019). [Glukhov S.V., Churikov D.A. A new approach to managing heat supply systems in small settlements // *ONV*. 2017. No4 (154). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-podhod-k-upravleniyu-sistemami-teplosnabzheniya-malykh-naseleennykh-punktov> (accessed September 12, 2019) (In Russ)]
6. Grishkova A.V., Krasovskiy B.M., Poletayev I.A. O snizhenii nadezhnosti teplosnabzheniya pri nedostatke sredstv na perekladku teplovykh setey // *Energoberezheniye v gorodskom khozyaystve, energetike, promyshlennosti: Materialy IV RNTK T.2.* - Ulyanovsk: UIGTU, 2003. [Grishkova A.V., Krasovsky B.M., Poletaev I.A. On reducing the reliability of heat supply with a lack of funds for the transfer of heating networks // *Energy Saving in Urban Economy, Energy, Industry: Materials IV RSTC T.2.* - Ulyanovsk: UISTU, 2003. (In Russ)]
7. Zhirkova M.V. Povysheniye nadezhnosti sistem teplosnabzheniya malykh naseleennykh punktov v usloviyakh krainego severa // *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo izd-vo SGTU*, 2013. [Zhirkova M.V. Improving the reliability of heat supply systems in small settlements in the Far North // *Industrial and Civil Engineering Publishing House of SSTU*, 2013. No. 8 pp. 47-50. (In Russ)]
8. Malaya E.M., Sergeeva S.A. Energoberezheniye kak vazhnyy faktor razvitiya infrastruktury teplosnabzheniya // *Vestnik SGTU.* - Saratov: izd-vo SGTU, 2004. № 4. Malaya E.M., Sergeeva S.A. Energy saving as an important factor in the development of heat supply infrastructure // *Bulletin of SSTU.* - Saratov: Publishing House of SSTU, 2004. No. 4. (In Russ)]
9. MDS 41-6.2000 - Organizatsionno-metodicheskiye rekomendatsii po podgotovke k provedeniyu otopitel'nogo perioda i povysheniyu nadezhnosti sistem kommunal'nogo teplosnabzheniya v gorodakh i naseleennykh punktakh Rossiyskoy Federatsii.— M.: SPO ORGRES, 2000. – 37 s. [MDS 41-6.2000 - ORGANIZATIONAL AND METHODOLOGICAL RECOMMENDATIONS for preparing for the heating period and improving the reliability of district heating systems in cities and towns of the Russian Federation. - M.: SPO ORGRES, 2000. 37 p. (In Russ)]
10. Pashchenko Ye.I. Analiz prichin snizheniya resursa teplovykh setey // *Novosti teplosnabzheniya.* - 2002. - № 12. - S. 33 - 35. [Pashchenko E.I. Analysis of the reasons for reducing the resource of heating networks // *News of heat supply.* - 2002. No. 12. pp. 33 - 35. (In Russ)]

11. Prikaz minenergo RF ot 12.03.2013 n 103 "ob utverzhdenii pravil otsenki gotovnosti k otopitel'nomu periodu"// [Elektronnyy resurs]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_145877/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_145877/) (data obrashcheniya: 15.09.19). [Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation of March 12, 2013 n 103 "On the approval of the rules for assessing readiness for the heating period" // [Electronic resource]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_145877/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_145877/) (accessed: 09/15/19). (In Russ)]
12. Prognozirovaniye aviarynykh situatsiy na ob"yektakh zhizneobespecheniya ZHKKH: otchet po NIR / V. N. Ivanov, V. A. Prokhorov [i dr.]. SVFU im. M. K. Ammosova, gos. kontrakt № 334, tema № 1.9. [Forecasting emergencies at the life support facilities of the housing and communal services: report on research / V. N. Ivanov, V. A. Prokhorov [and others]. NEFU them. M.K. Ammosova, state contract number 334, topic number 1.9.14. Yakutsk, 2006. (In Russ)]
13. Prokhorov D. V. Povysheniye nadezhnosti detsentralizovannykh energeticheskikh sistem severnykh territoriy: dis. kandidat tekhnicheskikh nauk, Yakutsk, 2018, s.123 [Prokhorov D. V. Improving the reliability of decentralized energy systems of the northern territories: dis. Candidate of Technical Sciences, Yakutsk, 2018, pp.123 (In Russ)]
14. Stennikov V.A., Postnikov I.V. Kompleksnyy analiz nadezhnosti teplosnabzheniya potrebiteley// Izvestiya rossiyskoy akademii nauk. energetika, 2011. S. 107-121. [Stennikov V.A., Postnikov I.V. A comprehensive analysis of the reliability of heat supply to consumers // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Energy, 2011.pp. 107-121. (In Russ)]
15. Federal'nyy zakon ot 27.07.2010 N 190-FZ (red. ot 29.07.2018) "O teplosnabzhenii" [Elektronnyy resurs]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_102975/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_102975/) (data obrashcheniya: 14.09.19) [Federal Law of July 27, 2010 N 190-FZ (as amended on July 29, 2018) "On Heat Supply" [Electronic resource]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_102975/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_102975/) (accessed: 09/14/19). (In Russ)]

**Сведения об авторах:**

Шершенов Ростислав Александрович, студент-магистр, кафедра теплоэнергетических систем;

e-mail: [slava\\_rostislav@mail.ru](mailto:slava_rostislav@mail.ru)

Ефимов Александр Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра теплоэнергетических систем e-mail: [sem314@yandex.ru](mailto:sem314@yandex.ru)

Шмаков Валерий Юрьевич, студент-магистр, кафедра теплоэнергетических систем;

e-mail: [Shmakov@mail.ru](mailto:Shmakov@mail.ru)

**Information about the authors:**

Rostislav A. Shershenov, master student, Department of Thermal Power Systems;

e-mail: [slava\\_rostislav@mail.ru](mailto:slava_rostislav@mail.ru)

Efimov Alexander Yuryevich, Cand. Sci., (Technical), Assoc. Prof., Department of Thermal Power Systems e-mail: [sem314@yandex.ru](mailto:sem314@yandex.ru)

Shmakov Valery Yurievich, master student, department of heat power systems; e-mail: [Shmakov@mail.ru](mailto:Shmakov@mail.ru)

**Конфликт интересов.**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 03.11.2019.

Принята в печать 29.11.2019.

**Conflict of interest.**

The authors declare no conflict of interest.

Received 03.11.2019.

Accepted for publication 29.11.2019.