

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ



УДК 697.34

DOI:10.30724/1998-9903-2023-25-6-43-53

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГОРОДСКИХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ

Горинов Ю.А., Анисимов П.Н., Егошин Е.В.

Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола, Россия
GorinovYA@volgatech.net

Резюме: ЦЕЛЬ работы заключается в повышении эффективности функционирования централизованных городских систем теплоснабжения путем модернизации индивидуальных тепловых пунктов (ИТП). В статье рассмотрена актуальность вопросов функционирования систем централизованного теплоснабжения с открытым водоразбором. Предложены технические решения, повышающие эффективность работы ИТП с приставкой на горячее водоснабжение. Разработана технологическая схема, выполнен подбор оборудования ИТП. Приведено обоснование применения разработанных технических решений в виде основных технико-экономических, инвестиционных показателей. Объективность определения технико-экономического эффекта модернизации ИТП обеспечена сравнением полученных показателей модернизированного и аналогичных ему объектов. МЕТОДЫ. При решении поставленных задач применены методы: натурных испытаний на реальном объекте; обработки экспериментальных данных с применением прикладных программ; технико-экономического обоснования в коммунальной теплоэнергетике. РЕЗУЛЬТАТЫ. Получены следующие технические показатели в результате внедрения разработанных технических решений модернизации индивидуальных тепловых пунктов в многоквартирных домах г. Йошкар-Олы: достигнуто снижение расхода сетевой воды на 36 – 39 %; снижение среднегодовой температуры в обратном трубопроводе составило 2,9 °С (с 52,2 °С до 49,3 °С); теплосодержание горячей воды составило 0,136 Гкал/м³ (норматив - 0,068 Гкал/м³), при этом требуемая циркуляция теплоносителя в системе горячего водоснабжения обеспечена в полном объеме. Суммарные потери тепловой энергии в сетях за период с октября 2021 г. по сентябрь 2022 г. составляют 3486,4 Гкал или 11,4 % от отпущенной потребителю теплоты при нормативе 13 %, установленным тарифом. По сравнению с домом-аналогом без системы управления погодным регулированием (СУПР) потребление тепловой энергии за отопительный сезон снижено на 80 Гкал (10,9 %). ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Впервые для применения в открытой схеме присоединения к централизованному источнику потребителей разработана схема ИТП с возможностью регулирования расхода циркуляционной воды системы ГВС и установкой гидроэлеватора с погодным регулированием. Применение разработанного технического решения модернизации ИТП актуально для систем с открытым водоразбором. В результате выполнения экспериментальных исследований выявлено влияние совместной установки насоса и регулирующего клапана на линии рециркуляции ГВС перед узлом смешения рециркуляции ГВС с обратным трубопроводом системы отопления и гидроэлеватора с погодным регулированием. Результаты исследования могут быть использованы при выборе схемных решений модернизации ИТП и обосновании оптимальных технико-экономических показателей рассматриваемых вариантов. Опыт эксплуатации показал, что применение разработанной технологической схемы ИТП с открытым присоединением систем ГВС имеет следующие положительные эффекты: снижение расхода сетевой воды, снижение температуры в обратном трубопроводе тепловой сети, уменьшение тепловых потерь; улучшение циркуляции теплоносителя в системе ГВС; снижение потребления тепловой энергии в период «нижней» срезки температурного графика; сдерживание роста отпускных тарифов на тепловую энергию.

Ключевые слова: энергетические системы и комплексы; централизованная система теплоснабжения с открытым водоразбором; индивидуальный тепловой пункт; система горячего водоснабжения; погодное регулирование; экономическая эффективность.

Для цитирования: Горинов Ю.А., Анисимов П.Н., Егошин Е.В. Модернизация городских индивидуальных тепловых пунктов // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2023. Т.25. № 6. С. 43-53. doi:10.30724/1998-9903-2023-25-6-43-53.

MODERNIZATION OF LOCAL HEAT DISTRIBUTION STATIONS OF CITY HEAT SUPPLY SYSTEM

Gorinov Yu.A., Anisimov P.N., Egoshin E.V.

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia

GorinovYA@volgatech.net

Abstract: The **PURPOSE** of this work is to develop technical solutions to increase the efficiency of functioning of centralized urban heating systems by modernizing local heat distribution stations. The article considers the issues of functioning of district heating systems with open water intake. The work presents technical solutions that increase the efficiency of the local heat distribution station with a hot water supply unit. A technological scheme has been developed, the selection of equipment has been made. The feasibility of using the developed technical solutions is confirmed by technical, economic and investment indicators. The objectivity of determining the technical and economic effect of the modernization of the local heat distribution station is ensured by comparing the obtained indicators of the modernized and similar facilities. **METHODS.** To fulfill the objectives of the study, the following methods were applied: full-scale tests on a real object; processing of experimental data using application programs; feasibility study in the municipal heat power industry. **THE RESULTS** show an improvement in the technical and economic performance of the heating and hot water supply system of an apartment building in Yoshkar-Ola city: reduced network water consumption by 36–39%; temperature drop in the return pipeline was 13.5%; the heat content of hot water has been reduced to 0.168 Gcal/m³ (normative heat content is 0.145 Gcal/m³), the required circulation was ensured in all risers of the hot water supply system. The total losses from October 2021 to September 2022 are 3486,4 Gcal or 11.4% of heat supplied to consumers, which is less than 13% set by the tariff. Compared to a similar house without a regulation depending on the outside air temperature, the consumption of thermal energy during the heating season is reduced by 80 Gcal (10.9%). **CONCLUSION.** The new scheme of a local heat distribution station has been proposed, including the regulation of domestic hot water (DHW) recirculation, as well as the installation of a hydroelevator with weather regulation. The developed technical solution is relevant for district heating systems with open water intake. For the first time, an experimental study of the effect of the joint installation of the following equipment was carried out: a pump and a control valve on the DHW recirculation line before the recirculation mixing unit with the return pipeline of the heating system; hydraulic elevator with weather regulation. The results of the study can be used in the feasibility study of similar circuit solutions for the modernization of DHW systems. Operating experience has shown that the application of the developed technological scheme of local heat distribution station has positive effects: reduction of network water consumption, temperature in the return pipeline and heat losses; improvement of circulation in all risers of the DHW system; reduction of thermal energy consumption during the period of the “lower” cutoff of the temperature graph; curbing the growth of tariffs for thermal energy.

Keywords: energy systems, centralized heating system with open water intake, local heat distribution station, hot water supply system, regulation depending on the outside air temperature, economic efficiency.

For citation: Gorinov Yu.A., Anisimov P.N., Egoshin E.V. Modernization of local heat distribution stations of city heat supply system. *Power engineering: research, equipment, technology*. 2023; 25 (6): 43-53. doi:10.30724/1998-9903-2023-25-6-43-53.

Введение (Introduction)

В России исторически сложилась система централизованного теплоснабжения, включающая в себя свыше 50 тыс. локальных систем теплоснабжения различного уровня [1]. Подключение систем теплопотребления зданий к тепловым сетям осуществляется через тепловые пункты [2]. Почти половина всех локальных систем теплоснабжения являются

открытыми, т.е. из трубопроводов теплосети теплоноситель идет не только в системы отопления и вентиляции подключенных потребителей, а и в системы горячего водоснабжения для нужд потребителя. Водоразбор из системы горячего водоснабжения может быть полным (тупиковая схема) или частичным (циркуляционная схема) [3, 4]. Основными преимуществами выбора открытой системы теплоснабжения, в сравнении с закрытой, являются: меньшие капитальные затраты на прокладку тепловых сетей; централизованная водоподготовка на источнике тепла; более высокая квалификация персонала, эксплуатирующего оборудование. Наряду с преимуществами открытая система теплоснабжения имеет и недостатки, например, ухудшающееся по мере выхода из источника тепла санитарно-гигиенические показатели воды [5]. Сетевая вода, прежде чем попасть на водоразборные краны системы горячего водоснабжения, проходит через трубопроводы тепловых сетей, тепловой узел, трубопроводы и отопительные приборы системы, трубопроводы и оборудования системы вентиляции и т.д. При этом приобретает специфический запах, цвет, вкус, в воде появляются различные посторонние примеси, в зонах с низкой скоростью потока возможно образование бактерий. Существенным недостатком открытой системы является то, что необходимо постоянно регулировать гидравлический режим работы источника тепла по причине переменного расхода сетевой воды в системе теплоснабжения, который является следствием неравномерности водопотребления горячей воды. В результате располагаемый напор в тепловой сети перед тепловыми пунктами зданий не постоянен, что приводит к «недотопу» или «перетопу» потребителей в течение суток, требуется установка технических устройств, обеспечивающих постоянный расход воды в системе отопления [6].

Одним из способов обеспечения постоянного расхода теплоносителя в системе отопления является подключение по независимой схеме. Подавляющее большинство систем теплоснабжения жилых и социально-значимых зданий в стране подсоединены к тепловым сетям по зависимой схеме, являющейся более простой по сравнению с независимой. Сложность независимой схемы присоединения обусловлена необходимостью монтажа подогревателя, также требуется установка циркуляционных насосов системы отопления и системы горячего водоснабжения, регулирующих клапанов, расширительного бака, организация подпитки системы отопления по обводной линии из обратного трубопровода тепловой сети, подача холодной воды из городской сети с установкой обратного клапана, регулятора давления, насоса. Все это приводит к значительному удорожанию затрат на монтаж и эксплуатацию оборудования. Как правило, жилищно-эксплуатирующие организации не имеют в своем штате квалифицированного персонала для качественного обслуживания установок, поэтому вынуждены привлекать специалистов со стороны. А это приводит к росту тарифов на содержание общедомового имущества и вызывает справедливое недовольство граждан. Опыт эксплуатации показал, что с применением современных приборов регулирования появляются ранее технически невозможные способы повышения эффективности работы схем подключения систем теплоснабжения к тепловым сетям по зависимой схеме с открытым водоразбором на горячее водоснабжение.

Требованиями СанПиН установлены требования диапазона допустимых значений температуры горячей воды на водоразборном кране потребителя – от 60 °С до 75 °С. С целью выполнения указанного требования вынуждено устанавливается повышенная, по сравнению с расчетной, циркуляция в системе горячего водоснабжения [7]. В итоге температура воды в циркуляционном трубопроводе на выходе из системы ГВС превышает расчетные 50 °С, и как следствие расчетную температуру согласно температурному графику отпуска тепла в обратном трубопроводе тепловой сети. Завышение температуры в обратном трубопроводе может привести к повышенным потерям в тепловых сетях, а также снижает эффективность возможного применения альтернативных и вторичных источников энергии для нагрева сетевой воды [8, 9]. Повышение температуры ГВС выше минимально допустимой 60 градусов является невыгодным для ресурсоснабжающей организации, поскольку расчеты ведутся по расходомеру и не учитывают остывание теплоносителя в трубопроводах контура рециркуляции, а также в полотенцесушителях санузлов. Исходя из этого оптимальными будут температуры: в подающем трубопроводе 60 °С и 50 °С в циркуляционном.

Следует отметить, что в начале температурного графика отпуска тепла в переходный период (в начале и в конце отопительного сезона), температура циркуляционной воды из систем горячего водоснабжения повышает температуру сетевой воды в обратке. При понижении температуры наружного воздуха до минус 7 °С, происходит выравнивание температуры циркуляции ГВС и температуры обратки. При дальнейшем понижении

температуры наружного воздуха циркуляционная вода из системы ГВС, наоборот несколько понижает температуру сетевой воды в обратном трубопроводе тепловой сети.

С 1 января 2013 года согласно ст. 29 ФЗ-190 «О теплоснабжении» при подключении к централизованным системам теплоснабжения должна использоваться закрытая схема присоединения систем горячего водоснабжения, исключающая водоразбор из теплосети на нужды ГВС. Также было установлено требование о переводе существующих открытых систем на закрытые. Специалисты энергетической и жилищно-коммунальной отрасли активно подключились к обсуждению. Был предложен индивидуальный подход к установлению сроков перехода от открытых систем к закрытым с учетом технико-экономического обоснования и технического состояния систем, их способности выполнения требований по качеству, надежности и безопасности горячего водоснабжения. При этом все расходы так или иначе будут отражены в тарифе на тепловую энергию.

Учитывая опыт эксплуатации и особенности систем теплоснабжения в нашей стране, многие специалисты считают наиболее экономически целесообразным модернизацию существующих открытых систем теплоснабжения [10-13]. В работах отмечено, что особую актуальность и первостепенную народнохозяйственную значимость имеет решение задач повышения надежности и эффективности функционирования систем теплоснабжения всех уровней. Необходимо решить имеющиеся проблемы рационального использования топлива, материалов, трудовых ресурсов, повышения энергосбережения, улучшения экологии, обеспечения снабжения энергоресурсами населения на требуемом уровне. Разработка технических решений модернизации существующих индивидуальных тепловых пунктов за счет установки автоматики регулирования, применения современных приборов и оборудования направлена на решение поставленной задачи повышения эффективности, надежности и уровня эксплуатации централизованных систем теплоснабжения с открытым водоразбором [14, 15].

Цель представленного исследования заключается в повышении эффективности функционирования централизованных городских систем теплоснабжения путем модернизации индивидуальных тепловых пунктов.

Научная значимость исследования состоит в полученных результатах экспериментального исследования влияния на эффективность работы ИТП совместной работы дополнительно установленного насоса и регулирующего термклапана на рециркуляционном трубопроводе горячего водоснабжения, электронного элеватора, позволяющего выполнять погодное регулирование температуры в системе отопления. Эмпирические данные, изложенные в статье, по мнению авторов, получены впервые для предложенной схемы регулирования рециркуляции горячего водоснабжения и могут быть использованы для сопоставления эффективности различных способов снижения потерь тепловой энергии в централизованных городских системах теплоснабжения.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанные технические решения модернизации ИТП позволяют повысить эффективность работы ИТП и технико-экономические показатели системы централизованного теплоснабжения в целом. Это достигается за счет снижения расхода теплоносителя в системе теплоснабжения, снижения температуры сетевой воды в обратном трубопроводе, снижения тепловых потерь, улучшения циркуляции в системе ГВС, исключения «недотопов» и «перетопов» системы теплоснабжения многоквартирного дома.

Материалы и методы (Materials and methods)

В основе исследования лежит метод натурного эксперимента на реальных действующих объектах – тепловых пунктах многоквартирных жилых домов города Йошкар-Ола. Для модернизации схем применяется серийно выпускаемое промышленностью оборудование. Для измерений были задействованы приборы коммерческого учета тепловой энергии и теплоносителя. Экспериментальные данные собирались в течение отопительного периода.

Технические решения модернизации теплового узла были реализованы в два этапа: на I этапе – установка на циркуляционном трубопроводе горячего водоснабжения до врезки в обратный трубопровод регулирующего клапана и насоса; на II этапе – установка гидроэлеватора *IRBICOM REX* взамен существующего гидроэлеватора с нерегулируемым соплом. Схемы теплового узла реализации первого и второго этапов модернизации приведены на рисунке 1.

Схема теплового узла с элеватором до модернизации приведена на рис. 1 Горинов Ю.А., Анисимов П.Н. 2022г [16].

Оценка результатов внедрения выполнена путем анализа экспериментальных данных. Фактические данные получены на основании установленных в

многоквартирных домах показаний коммерческих приборов учета. Также были дополнительно установлены самопишущие измерители ИС-201. Все приборы допущены для ведения коммерческих и технических расчетов на основании свидетельств о ежегодной поверке.

Модернизация ИТП на I этапе выполнена на базе термостатических смесительных клапанов *Zeissler* и циркуляционных насосов *Jemix WRS-25/8-180* (схема 1 на рис.1).

Характеристика клапана *Zeissler*:

- смесительный 3-х ходовой с функцией перевода в режим 2-х ходовой;
- регулирование температуры 20 – 55 °С;
- регулирование настройки температуры выставлением положения рукоятки от «1» до «6».

По результатам эксплуатации модернизированных тепловых узлов выявлены следующие особенности и рекомендации:

- клапан на всех режимах работает устойчиво, амплитуда колебаний температуры в циркуляционной линии ГВС не превышает 3 – 4 °С;
- жалобы от жителей потребителей на низкую температуру горячей воды и шум не поступали;
- фактически верхняя граница диапазона регулирования температур при использовании клапана достигает 60 – 63 °С (при заявленном в техническом руководстве производителя диапазоне регулирования клапана 20 – 55 °С);

схема 1

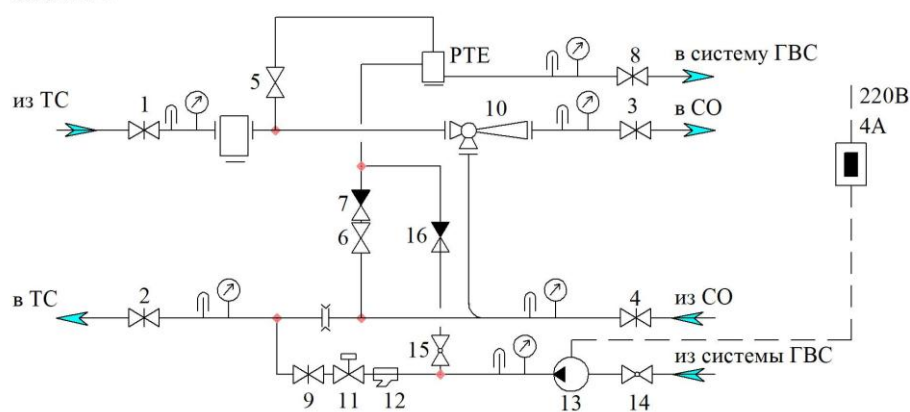


схема 2

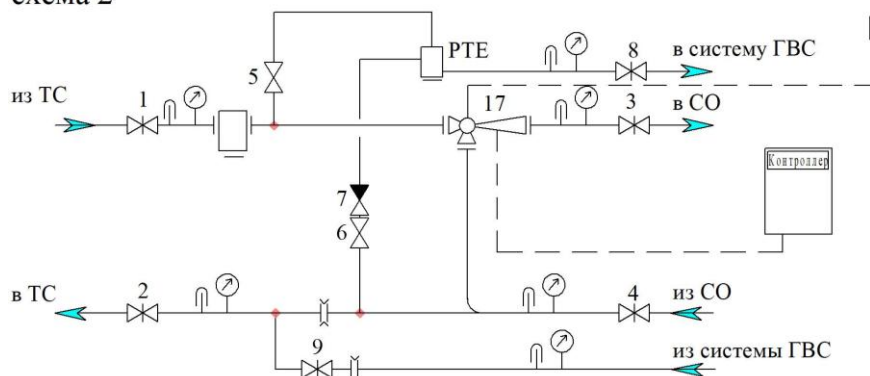


Рис. 1. Схемы теплового узла I-го (схема 1) и II-го (схема 2) этапа модернизации: 1,2,3,4,5,6,8,9,14, 15 – запорная арматура; 7 и 16 – обратный клапан; 10 – гидравлический элеватор; 11 – термостатический клапан; 12 – сетчатый фильтр; 13 – циркуляционный насос; 17 – гидроэлеватор *Irbicom REX* с датчиком температуры наружного воздуха и контроллером

Fig. 1. Scheme of the thermal unit II stage of modernization 1,2,3,4,5,6,8,9,14,15 – stop valves; 7 and 16 – check valve; 10 – hydraulic elevator; 11 – thermostatically controlled valve; 12 – meshed strainer; 13 – recycling pump; 17 – *Irbicom REX* hydraulic elevator with outside air temperature sensor and controller

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

- рекомендована установка в положение «5» по руководству эксплуатации;
- в нескольких тепловых пунктах зданий клапаны преждевременно вышли из строя по причине загрязнения;

- рекомендуется установить непосредственно перед клапаном сетчатый фильтр;
 - байпас регулирующего клапана из схемы рекомендуется исключить.
- Краткая характеристика циркуляционного насоса Jemix WRS-25/8-180:
- производительность - до 120 л/мин;
 - температура жидкости до +110°C;
 - высота подъема – 25 м вод. ст.;
 - номинальная мощность – 135 Вт.

Модернизация ИТП II-го этапа выполнена с применением системы управления погодного регулирования (СУПР) на базе гидроэлеватора Irbicom REX с датчиком температуры наружного воздуха и контроллером (схема 2 на рис.1).

Анализ результатов и их обсуждение

Достоверность результатов экспериментов и выводов обеспечивается: использованием измерительных приборов, предназначенных для коммерческого учета тепловой энергии и теплоносителя, прошедших поверку в установленном порядке; проведением контрольных измерений на аналогичном модернизируемому объекте (два одинаковых МКД расположенных в одном микрорайоне города Йошкар-Ола и построенных в одном и том же году); сравнительной оценкой результатов измерений в модернизированном тепловом пункте и аналогичном не модернизированном; сравнением показателей с нормативными значениями.

Мероприятия I этапа

В результате анализа данных 20 - ти общедомовых приборов учета многоквартирных домов до и после модернизации тепловых узлов, установлено снижение температуры воды в циркуляционном трубопроводе системы ГВС (рис. 1) с 56 до 50 °С, снижение расходов сетевой воды в подающем и обратном трубопроводе в среднем 36-39 % при одновременном увеличении на 15,68 %. разности расходов теплоносителя, обусловленной водоразбором на нужды ГВС. Фактическая тепловая составляющая в ГВС уменьшилась с 0,194 до 0,136 Гкал/м³ при нормативе 0,068 Гкал/м³. Сравнение производилось по результатам сравнения показаний за полный месяц в 2021 году – за июль до модернизации и за август после модернизации. Снижение температуры в циркуляционном трубопроводе способствует снижению тепловых потерь. В результате технического решения снижена «паразитная» циркуляция теплоносителя в системе ГВС.

Разработанное и опробованное техническое решение модернизации теплового узла может быть рекомендовано к внедрению, применительно к индивидуальным тепловым пунктам жилых МКД, присоединенных к централизованной системе теплоснабжения с открытой схемой присоединения системы горячего водоснабжения.

Полученный опыт монтажа и эксплуатации разработанной схемы модернизации ИТП с приставкой ГВС рекомендован к дальнейшему внедрению в МКД по городу Йошкар-Ола. Экспериментальная апробация технического решения модернизации теплового узла и системы горячего водоснабжения подтвердила улучшение технико-экономических показателей работы теплового узла.

На основании анализа данных общедомовых приборов учета сделан расчет срока окупаемости, который составляет 40 суток. В результате полностью исключены «перетопы» в системе отопления в отопительный сезон в зоне нижней срезки графика отпуска тепла, что снижает платежи за отпущенную тепловую энергию.

Мероприятия II этапа

Для сравнительного анализа эффективности модернизации элеваторного ИТП при помощи внедрения СУПР были выбраны дома в г. Йошкар-Ола, микрорайон. «Дубки», ул. Героев Сталинградской битвы (ГСБ) д. 29А, 29Б. Данные МКД построены в 1968 г по одному типовому проекту, имеют практически одинаковую площадь 3704,2 и 3676,2 соответственно, имеют одинаковые тепловые характеристики ограждающих конструкций, в домах для обеспечения ГВС установлены газовые колонки. Дома оснащены приборами учета тепловой энергии в 2013 году. В ИТП дома ГСБ 29Б установлен обычный не модернизированный гидроэлеваторный тепловой узел (рис. 1 Горинев, Анисимов; 2023) [15]. В ИТП дома ГСБ 29А установлен гидроэлеватор Irbicom REX в 2021 году (схема 2 рис. 1). Источником тепла является отопительная котельная № 4 «Дубки», температурный график 115-70 °С, имеющий нижнюю срезку на 70 °С. В результате анализа результатов измерений можно сделать следующие основные выводы.

1. Наибольший экономический эффект от установки СУПР достигается при работе источника тепла в период нижней срезки температурного графика, то есть в переходный осенний и весенний период (рис. 2).

2. В результате за сравниваемый период достигнуто снижение потребления по

отношению:

- к нормативу 18 Гкал (2,7%), 38,6 тыс. руб. с НДС.
- по сравнению с домом-аналогом без СУПР 80 Гкал (10,9 %), 171,4 тыс. руб. с НДС.
- срок окупаемости, при сметной стоимости монтажа гидроэлеватора 139,79 тыс. руб. с НДС менее одного года.

Рост фактического потребления по отношению к нормативу объясняется большей фактической продолжительностью ОЗП в 2021-2022гг (237 сут.) по сравнению с нормативными 214 сут.

В таблице 1 приведены данные о потреблении тепловой энергии на отопление за период с сентября 2021 по ноябрь 2022, при средней температуре рассматриваемого периода $t_{\text{нв}} = -0,27^\circ\text{C}$, общая продолжительность анализируемого периода 310 сут.

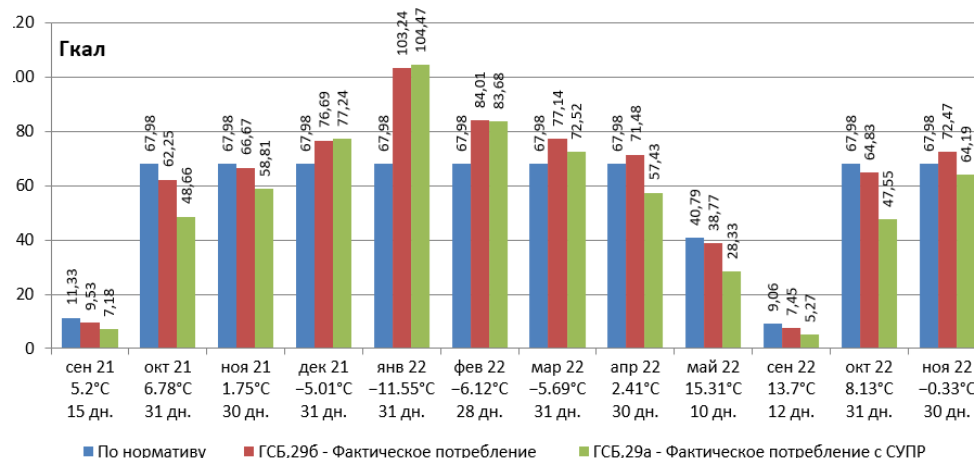


Рис.2 Анализ потребления тепловой энергии по месяцам за период с 09.2021 по 11.2022

Fig. 2 Analysis of heat consumption by months for the period from 09.2021 to 11.2022

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

Таблица 1

Table 1

Потребление тепловой энергии за период с 09.2021 по 11.2022
Thermal energy consumption for the period from 09.2021 to 11.2022

| | Норматив | МКД ГСБ, 29Б | МКД ГСБ,29А |
|------------------------------------|----------|--------------|-------------|
| Потребление тепловой энергии, Гкал | 673 | 735 | 655 |

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

Данные по отпуску, потреблению тепловой энергии и анализ тепловых потерь за 12 месяцев представлены в таблице 2.

Таблица 2

Table 2

Данные по отпуску, потреблению и потерям тепловой энергии микрорайона № 3
Data on the release, consumption and loss of thermal energy of the microdistrict No. 3

| | Октябрь 2021 | Ноябрь 2021 | Декабрь 2021 | Январь 2022 | Февраль 2022 | Март 2022 |
|---|---|-------------|--------------|-------------|--------------|-----------|
| Средняя температура наружного воздуха за анализируемый период, °C | 6,67 | 1,67 | -5,28 | -11,72 | -6,39 | -5,77 |
| Отпуск | Итого Отопление и ГВС, Гкал | 2 671,735 | 3 159,675 | 3 868,478 | 4 792,070 | 4 090,412 |
| | ГВС, т | 5 643,969 | 6 494,107 | 6 429,402 | 6 537,130 | 6 652,937 |
| Потребление | Итого суммарное потребление с учетом корректировки небаланса масс, Гкал | 2 405,513 | 2 846,674 | 3 473,529 | 4 291,089 | 3 672,481 |
| Реализация | Итого Отопление и ГВС, Гкал | 2 657,960 | 2 977,738 | 3 532,464 | 4 393,088 | 3 672,459 |

Продолжение таблицы 2

Continuation of table 2

| | | | | | | | |
|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Потери в тепловых сетях | Фактические (технические) потери Гкал | 266,222 | 313,001 | 394,948 | 500,981 | 417,931 | 369,215 |
| | % от отпуска | 10 | 9,9 | 10,2 | 10,5 | 10,2 | 10,2 |
| | Расчетные (нормативные) потери, рассчитанные в системе Zulu), Гкал | 143,899 | 161,044 | 178,215 | 214,680 | 190,912 | 169,288 |
| | % от отпуска | 5,4 | 5,1 | 4,6 | 4,5 | 4,7 | 4,7 |
| | Потери отчетные (по реализации), Гкал | 13,776 | 181,936 | 336,014 | 398,983 | 417,953 | 287,276 |
| | % от отпуска | 0,5 | 5,8 | 8,7 | 8,3 | 10,2 | 7,9 |
| Средняя температура наружного воздуха за анализируемый период, °С | | +2,28 | +8,79 | +16,88 | +18,92 | +20,66 | +14,59 |
| Отпуск | Итого Отопление и ГВС, Гкал | 3 013,400 | 1 807,853 | 599,754 | 872,461 | 884,167 | 1 149,213 |
| | ГВС, т | 7 560,998 | 7 230,265 | 4 439,570 | 6 236,170 | 6 146,642 | 7 102,248 |
| Потребление | Итого суммарное потребление с учетом корректировки небаланса масс, Гкал | 2 695,904 | 1 612,315 | 489,733 | 751,931 | 763,530 | 995,600 |
| Реализация | Итого Отопление и ГВС, Гкал | 2 724,338 | 1 268,590 | 475,865 | 562,372 | 581,399 | 863,797 |
| Потери в тепловых сетях | Фактические (технические) потери Гкал | 317,496 | 195,538 | 110,021 | 120,530 | 120,638 | 153,614 |
| | % от отпуска | 10,5 | 10,8 | 18,3 | 13,8 | 13,6 | 13,4 |
| | Расчетные (нормативные) потери, рассчитанные в системе Zulu), Гкал | 151,948 | 144,768 | 88,918 | 117,345 | 117,800 | 129,221 |
| | % от отпуска | 5 | 8 | 14,8 | 13,4 | 13,3 | 11,2 |
| | Потери отчетные (по реализации), Гкал | 289,062 | 539,263 | 123,890 | 310,088 | 302,768 | 285,416 |
| | % от отпуска | 9,6 | 29,8 | 20,7 | 35,5 | 34,2 | 24,8 |

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

За 12 месяцев с октября 2021 по сентябрь 2022 г. фактические (технические) тепловые потери составили 10,7 %, а по данным от реализации Теплосбытом 11,4 %, расчетные 5,9 %.

Фактические (технические) потери в микрорайоне № 3 составили от 10 до 18,3 %, выше расчетных на 85 % в октябре, на 94 % в ноябре, на 122 % в декабре, на 133 % в январе, на 119 % в феврале, на 118 % в марте, 109 % в апреле, на 35 % в мае, на 24 % в июне, на 3 % в июле, на 2 % в августе и на 19 % в сентябре.

Потери отчетные по реализации тепловой энергии за рассматриваемый период значительно различаются и составили 0,5 % в октябре, 5,8 % в ноябре, 8,7 % в декабре, 8,3 % в январе, 10,2 % в феврале, 7,9 % в марте, 9,6 % в апреле, 29,8 % в мае, 20,7 % в июне, 35,5 % в июле, 34,2 % в августе и 24,8 % в сентябре. Это связано тем, что по двум домам, не имеющим приборов учета, тепловая энергия за отчетный период предъявлена по нормативу на среднюю температуру наружного воздуха минус 4,7 °С, фактическая температура за сентябрь-ноябрь и апрель была значительно выше, в декабре близка к расчетной, а в январе-марте ниже. Потери отчетные по реализации в мае-июле существенно возросли в связи с тем, что при отключении отопления расчеты за потребленную тепловую энергию с горячей водой осуществляются по нормативу 0,068 Гкал/м³, величина которого значительно ниже

фактического теплосодержания ($0,194 \text{ Гкал/м}^3$ до модернизации и $0,136 \text{ Гкал/м}^3$ после модернизации). Фактические потери тепловой энергии в тепловых сетях микрорайона № 3 в октябре 2021 – апреле 2022 г. ниже значений, установленных тарифом. Коммерческие потери в отопительный период отсутствуют, так как фактические (технические) потери больше отчетных потерь по реализации Теплосбыта. С мая 2022 г. потери по реализации Теплосбыта сильно увеличились и превысили фактические (технические) потери с мая по сентябрь на $861,08 \text{ Гкал}$, что составляет $16,2 \%$ от отпуска. В связи с тем, что в отопительный период коммерческие потери отсутствовали, то общие потери с октября 2021 по май 2022 г. по данным от реализации Теплосбытом составили $9,1 \%$, но за летний период они увеличиваются за счет коммерческих потерь до $11,4 \%$. В сентябре 2022 г. потери по реализации Теплосбыта по-прежнему превышают фактические (технические) потери на $131,8 \text{ Гкал}$, что составляет $11,5 \%$ от отпуска. Общие потери с октября 2021 по сентябрь 2022 г. по данным от реализации Теплосбытом составляют $11,4 \%$.

Данные температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах по прибору учета, установленному на вводе в микрорайон № 3, приведены в табл. 3. Отклонение фактической температуры в обратном трубопроводе относительно утвержденного температурного графика отпуска тепла составляет $1,48 \text{ }^\circ\text{C}$.

Таблица 3
Table 3

Температура в подающем и обратном трубопроводе на вводе в микрорайон № 3
The temperature in the supply and return pipelines at the entrance to the microdistrict No. 3

| | 2022 год | | | | | | | | | | | |
|--------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| T1факт | 95,57 | 81,28 | 85,08 | 69,96 | 67,43 | 67,65 | 67,37 | 67,67 | 68,30 | 69,05 | 81,19 | 92,35 |
| T2факт | 51,37 | 47,50 | 49,39 | 45,60 | 50,17 | 49,85 | 50,01 | 48,98 | 48,32 | 47,77 | 49,92 | 52,48 |
| T2граф | 52 | 47 | 48 | 45 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 43 | 47 | 51 |

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

Анализируемый период с 22.09.2021 по 21.09.2022. Результаты расчетов потерь в тепловых сетях наглядно представлены на рисунке 3.

Заклучение (Conclusions)

1. На $18,6 \%$ снижен расход теплоносителя в тепловой сети (расчетное снижение потребления электроэнергии на источнике составляет $129 \text{ тыс. кВтч/год}$, $715,7 \text{ тыс. руб./год}$).

2. На $29,9 \%$ снижен удельный показатель теплосодержания с $0,194$ до $0,136 \text{ Гкал/м}^3$, что дало увеличение реализации на 5 578 м^3 ($6,5 \%$, 985 633 руб. в текущих ценах). Снижение теплосодержания 1 м^3 , расходуемого на нужды ГВС, увеличивает величину расхода воды потребителями. Следовательно, возрастает реализация химочищенной воды. Расчетное количество теплоты в ГВС также возрастает, т.к. для расчетов с потребителями теплота определяется как произведение расхода воды на норматив теплосодержания $0,068 \text{ Гкал/м}^3$.

3. На $2,9 \text{ }^\circ\text{C}$ (с $52,2 \text{ }^\circ\text{C}$ до $49,3 \text{ }^\circ\text{C}$) снижена температура теплоносителя в обратном трубопроводе тепловой сети (с учетом фактических T1 в сравниваемых периодах).

4. Средняя стоимость материалов на модернизацию одного ИТП составила 20 тыс. руб. в ценах 2021 года.

5. Работоспособность и эффективность предлагаемой схемы подтверждена практической эксплуатацией.



Рис. 3 Анализ тепловых потерь за 12 месяцев Fig. 3 Heat loss analysis for 12 months

*Источник: Составлено авторами Source: compiled by the author.

6. Относительно невысокая стоимость и простота реализации позволяет

рекомендовать ее к массовому применению при модернизации тепловых узлов потребителей с открытой схемой теплоснабжения.

7. Выполненный анализ результатов модернизации тепловых узлов позволяет выявить фактическую структуру тепловых потерь и определить мероприятия по их уменьшению.

Результаты выполненного технико-экономического анализа свидетельствуют о целесообразности использования предлагаемых технических решений модернизации тепловых пунктов путем внедрения устройств регулирования расхода циркуляционной воды системы ГВС совместно с установкой гидроэлеватора с погодным регулированием.

Литература

1. Выдержки из Информационно-аналитического доклада ФГБУ «Российское энергетическое агентство» Минэнерго России, Москва, 2018 г. Теплоэнергетика и централизованное теплоснабжение России в 2015-2016 годы // Новости теплоснабжения. 2018. №3(211). С. 8-17.
2. Семенов В.Г. Стратегия развития теплоснабжения и когенерации в Российской Федерации до 2025 года, проект на 2019 год. Доступно по: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3140. Ссылка активна на 14 апреля 2022.
3. Xiaofang S., Peng W., Panhong R., Hua Z. The Influence of Central Regulation Methods upon Annual Heat Loss in Heating Network // MATEC Web of Conferences. 2016. Vol. 54, N06004.
4. Звонарева Ю.Н., Ваньков Ю.В. Работа системы теплоснабжения при поэтапном внедрении автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. №1-2. С. 31-40.
5. Кикоть Е.А., Газизов Ф.Н. Выбор структуры тепловой генерации в городах РФ при актуализации схем теплоснабжения. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 5. С. 71-82.
6. Рафальская Т.А. Мансуров Р.Ш. Оценка влияния температуры воды в системе горячего водоснабжения на температурный режим помещений // Водоснабжение и санитарная техника. 2017. №4. С.42-49.
7. Семенов В.Г. Нормативы на подогрев горячей воды // Новости теплоснабжения. 2018. № 6 (214). С. 8–17.
8. Pieper H., Ommen T.S., Markussen W.B. and Elmegaard B. Optimal Usage of Low Temperature Sources to Supply District Heating by Heat Pumps // Proceedings of ECOS 2017:30th International Conference of Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems; 2–6 July 2017; San Diego, California, USA.
9. Østergaard D.S., Smith K.M. Tunzi M., Svendsen S. Low-temperature operation of heating systems to enable 4th generation district heating: A review // Energy. 2022. Vol. 891. P. 123529.
10. Rotov P.V., Sivukhin A.A., Gafurov R. A., Rotova M.A. About standards for hot water heating // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1683 (4). P. 042017.
11. Rotov P.V., Zhukov D.A., Zhukova A.V., Sivukhin A.A. About economy of fuel and resources in the hot water supply system // Journal of Physics: Conference Series. 2017. Vol. 891. P. 012160.
12. Яковлев Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения. М.: Новости теплоснабжения, 2008. 446 с.
13. Gazizov F.N., Akhmetova I.G. Development of technique and program for analysis of options for transition to a closed hot-water supply scheme for heat supply systems // Power Engineering Research Equipment Technology. 2019. Vol. 21, N3. pp. 126-134.
14. Ротов П.В. Сивухин А.А. Оценка эффективности технологий регулирования нагрузки горячего водоснабжения // Энергосбережение и водоподготовка. 2016. № 6. С. 22-28.
15. П.В. Ротов, А.А. Сивухин, М.А. Ротова, Р.А. и др. Об эффективности управления циркуляцией горячей воды // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2020. Т. 22. № 5. С. 117-129.
16. Горинов Ю.А., Анисимов П.Н. Повышение эффективности систем централизованного теплоснабжения модернизацией ИТП. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2022. 24(3):101-111. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2022-24-3-101-111>.

Авторы публикации

Горинов Юрий Аркадьевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Энергообеспечение предприятий», Поволжский государственный технологический университет.

Анисимов Павел Николаевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Энергообеспечение предприятий», Поволжский государственный технологический университет.

Егошин Евгений Валерьевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Энергообеспечение предприятий», Поволжский государственный технологический университет.

References

1. Vyderzhki iz Informacionno-analiticheskogo doklada FGBU «Rossijskoe jenergeticheskoe agentstvo» Minjenergo Rossii, Moskva, 2018 g. Teplojenergetika i centralizovannoe teplosnabzhenie Rossii v 2015-2016 gody. *Novosti teplosnabzhenija*. 2018; 3(211):8-17. (In Russ).

2. Semenov V.G. Strategija razvitiya teplosnabzheniya i kogeneracii v Rossijskoj Federacii do 2025 goda, proekt na 2019 god. Available at: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3140. Accessed: 14 Apr 2022. (In Russ).
3. Xiaofang S., Peng W., Panhong R., Hua Z. The Influence of Central Regulation Methods upon Annual Heat Loss in Heating Network. *MATEC Web of Conferences*. 2016; 54 (06004). doi:10.1051/mateconf/20165406004
4. Zvonareva Ju.N., Van'kov Ju.V. Work of system of heat supply at stage-by-stage introduction of the automated individual thermal points. *Proceedings of the higher educational institutions. ENERGY SECTOR PROBLEMS*. 2017; 19:31-40. (In Russ).
5. Kikot' E.A., Gazizov F.N. Selection of the structure of thermal generation in cities of the Russian federation when actualizing the heat supply schemes. *Proceedings of the higher educational institutions. ENERGY SECTOR PROBLEMS*. 2020; 22(5): 71-82. (In Russ). doi: 10.30724/1998-9903-2020-22-5-71-82
6. Rafal'skaja T.A. Mansurov R.Sh. Ocenka vlijanija temperatury vody v sisteme gorjachego vodosnabzhenija na temperaturnyj rezhim pomeshhenij. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika*. 2017; 4: 42-49. (In Russ).
7. Semenov V.G. Normativy na podogrev gorjachej vody. *Novosti teplosnabzhenija*. 2018; 6 (214): 8-17. (In Russ).
8. Pieper H., Ommen T.S., Markussen W.B. and Elmegaard B. Optimal Usage of Low Temperature Sources to Supply District Heating by Heat Pumps. *Proceedings of ECOS 2017:30th International Conference of Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems*; 2-6 July 2017; San Diego, California, USA.
9. Østergaard D.S., Smith K.M. Tunzi M., Svendsen S. Low-temperature operation of heating systems to enable 4th generation district heating: A review // *Energy*. 2022. Vol. 891. P. 123529.
10. Rotov P.V., Sivukhin A.A., Gafurov R. A., Rotova M.A. About standards for hot water heating // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. 1683(4):042017. doi: 10.1088/1742-6596/1683/4/042017
11. Rotov P.V., Zhukov D.A., Zhukova A.V., Sivukhin A.A. About economy of fuel and resources in the hot water supply system. *Journal of Physics: Conference Series*. 2017; 891(1):012160. doi: 10.1088/1742-6596/891/1/012160.
12. Jakovlev B.V. *Povyshenie jeffektivnosti sistem teplofikacii i teplosnabzhenija*. Moscow: Novosti teplosnabzhenija; 2008. (In Russ).
13. Gazizov F.N., Akhmetova I.G. Development of technique and program for analysis of options for transition to a closed hot-water supply scheme for heat supply systems. *Power Engineering Research Equipment Technology*. 2019;21 (3):126-134. doi: 10.30724/1998-9903-2019-21-3-126-134.
14. Rotov P.V. Sivuhin A.A. Ocenka jeffektivnosti tehnologij regulirovanija nagruzki gorjachego vodosnabzhenija. *Jenergoberezenie i vodopodgotovka*. 2016; 6:22-28. (In Russ).
15. P.V. Rotov, A.A. Sivuhin, M.A. Rotova, R.A. i dr. On the efficiency of the control of the circulation of hot water. *Proceedings of higher educational institutions. ENERGY SECTOR PROBLEMS*. 2020; №22(5):117-129. (In Russ). doi:10.30724/1998-9903-2020-22-6-117-129
16. Gorinov Yu.A., Anisimov P.N. Increasing the efficiency of district heating supply systems by local heat distribution station modernation. *Proceedings of higher educational institutions. ENERGY SECTOR PROBLEMS*. 2022; 24(3): 101-111. (In Russ.) <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2022-24-3-101-111>.

Authors of the publication

Yurij. A. Gorinov - Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia. Email: GorinovYA@volgatech.net

Pavel N. Anisimov - Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia. Email: AnisimovPN@volgatech.net

Evgenij V. Egoshin - Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia. Email: EgoshinE.V.@volgatech.net

Шифр научной специальности: 2.4.5. «Энергетические системы и комплексы».

Получено 02.11.2023 г.

Отредактировано 17.11.2023 г.

Принято 21.11.2023 г.