

Проблемы трансформации открытых систем теплоснабжения в закрытые

Рецензия эксперта на статью получена 25.07.2019 [Expert review on the article received on July 25, 2019].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-08-00016.

В крупных системах централизованного теплоснабжения, подключённых к ТЭЦ, применяются два способа горячего водоснабжения (ГВС) потребителей: приготовление воды необходимого качества и подогрев её на ТЭЦ с последующим разбором горячей воды потребителями непосредственно из теплосети (в открытых системах) и подогрев водопроводной питьевой воды перед подачей потребителям сетевой водой в поверхностных теплообменниках местных тепловых пунктов (в закрытых системах).

Исторически сложилось так, что в отечественных теплофикационных системах эти два способа ГВС используются в равной мере. Так, в Москве — самая крупная в мире закрытая система теплоснабжения, а самая крупная в мире открытая система теплоснабжения — в Санкт-Петербурге. В некоторых городах, например, в Саратове, Тольятти, присутствуют как открытые, так и закрытые системы, подключённые к разным теплоэлектроцентралям.

Каждая из этих двух систем теплоснабжения обладает своими достоинствами и своими недостатками. Дискуссия о том, какая из них лучше, началась с полемики «патриархов теплофикации» — профессоров С.Ф. Копьёва и Е.Я. Соколова — в 1940–1950-е годы и не заканчивается до сих пор. Порядок выбора систем теплоснабжения при проектировании долгое время регламентировался несовершенными, однако безусловно полезными рекомендациями [1], в которых основным фактором при выборе типа системы был химический состав примесей в исходной воде источника водоснабжения.

Специалисты, эксплуатирующие открытые системы теплоснабжения, часто идеализируют закрытые системы, в которых сетевая вода должна быть чище и внутренняя коррозия сетевых трубопроводов должна быть меньше. Эксплуатационники в закрытых системах, имею-

Специалисты, эксплуатирующие открытые системы теплоснабжения, часто идеализируют закрытые системы, в которых сетевая вода должна быть чище и внутренняя коррозия сетевых трубопроводов должна быть меньше

щие дело с практически постоянной негерметичностью подогревателей горячего водоснабжения и коррозией трубопроводов недеаэрированной горячей воды, полагают более простыми и надёжными открытые системы, вода для подпитки которых готовится централизованно на теплоисточниках. На самом деле желание иметь то, чего у тебя нет, связано с общим критическим состоянием теплоэнергетического хозяйства в большинстве городов, сложившимся за два с половиной десятилетия развала энергетики, и неверием в возможность исправления нынешнего положения.

В 2011 году без каких-либо научных дискуссий и обсуждения специалистами, без учёта рекомендаций [1] и уж тем более без хотя бы минимального технико-экономического обоснования был принят Федеральный закон [2] «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона “О водоснабжении и водоотведении”», запрещающий применение открытых систем теплоснабжения. Сразу отметим, что никакого, даже весьма отдалённого отношения к ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» закон [2] не имеет. Более того, удивительно, что возникла необходимость вписывать в федеральный закон сугубо технические требования, обычно содержащиеся в нормативных документах (СНиП, СП, ПТЭ), которые, в отличие от законов, разрабатываются специалистами-профессионалами.

УДК 621.311.22+697.34. Научные специальности: 05.23.03, 05.14.04.

Проблемы трансформации открытых систем теплоснабжения в закрытые

Владимир И. Шарапов, д.т.н., профессор, кафедра «Теплогасоснабжение и вентиляция», Ульяновский государственный технический университет (УлГТУ)

Рассмотрены проблемы преобразования открытых систем теплоснабжения в соответствии с федеральным законом. Показано, что полный переход на закрытые системы теплоснабжения в отечественной теплоэнергетике не выполним ни в ближайшей, ни в отдалённой перспективе. Рассмотрены преимущества и недостатки открытых и закрытых систем теплоснабжения. Показано преимущество открытых систем в энергетической эффективности. Предложена схема квартирного теплового пункта, позволяющего сохранить преимущества открытых систем и устранить недостатки закрытых систем теплоснабжения.

Ключевые слова: открытые и закрытые системы теплоснабжения, энергетическая эффективность, качество воды, тепловые пункты.

UDC 621.311.22+697.34. Numbers of scientific speciality: 05.23.03, 05.14.04.

Problems of transformation open heating systems to closed

Vladimir V. Sharapov, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Department of Heat-and-gas Service and Ventilation, Ulyanovsk State Technical University (UISTU)

The problems of the transformation of open heating systems in accordance with federal law considered. It is shown that a complete transition to closed heat supply systems in the domestic heat-and-power engineering is not feasible either in the near or in the long term. The advantages and disadvantages of open and closed heating systems are considered. The advantage of open systems in energy efficiency is shown. Scheme of apartment heating unit, which allows to preserve the advantages of open systems and eliminate the disadvantages of closed heating systems, is proposed.

Key words: open and closed heating systems, energy efficiency, water quality, heat points.



В соответствии с законом [2], «С 1 января 2013 года подключение объектов капитального строительства потребителей к централизованным открытым системам теплоснабжения (горячего водоснабжения) для нужд горячего водоснабжения, осуществляемого путём отбора теплоносителя на нужды горячего водоснабжения, не допускается. С 1 января 2022 года использование централизованных открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) для нужд горячего водоснабжения, осуществляемого путём отбора теплоносителя на нужды горячего водоснабжения, не допускается».

Даже сторонники трансформации открытых систем теплоснабжения в закрытые, например, руководители компании ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга» [3], высказывают справедливые сомнения в возможности реализации закона [2], предусматривающего полный переход на закрытые системы теплоснабжения. Они столь же справедливо полагают, что такой переход возможен только за счёт повышения тарифов на тепловую энергию, то есть за счёт населения, потому что ни государство, ни энергетические компании финансировать эту затею законодворцев не собираются. Сотни миллиардов рублей в масштабе Санкт-Петербурга, а в масштабах страны — триллионы, авторы и сторонники закона [2] предполагают извлечь из карманов потребителей. Верят ли законодатели, что население согласится с ними?

Прошло почти восемь лет из десяти, отведённых для полной реализации закона [2]. Можно подвести какие-то итоги его исполнения. Закон выполняется лишь в одной его части: с 2013 года новые строительные объекты, даже подключён-

ные к открытым системам теплоснабжения, вводятся в эксплуатацию с горячим водоснабжением по закрытой схеме — иначе и проект не утвердят, и дом не примут. Однако новые дома, введённые за эти восемь лет, составляют микроскопически малую долю, сотые доли процента от существующего фонда жилых и общественных зданий в стране.

Положение о трансформации открытых систем в закрытые включается в разрабатываемые перспективные схемы теплоснабжения крупных городов. Последнее иногда граничит с техническим и экономическим абсурдом, например, в Иркутске, где вода из реки Ангара с низкой накипеобразующей способностью и коррозионной агрессивностью идеально подходит для открытой системы теплового снабжения.

В таких случаях утешает то, что схемы теплоснабжения городов ни в советское, ни особенно в настоящее время не являлись и не являются документами, обязательными для исполнения.

Что же касается перевода существующего жилищного фонда на закрытую схему горячего водоснабжения, то такой перевод никто производить не собирался и не собирается. С одной стороны, из-за отсутствия средств, а с другой — из-за отсутствия насущной необходимости в реализации этого весьма спорного положения закона [2]. Можно с уверенностью утверждать, что ныне живущие поколения наших сограждан едва ли увидят этот закон полностью реализованным.

По моему мнению, настало время вернуться к вопросу о целесообразности преобразования открытых систем теплоснабжения в закрытые. Напомню основные преимущества и недостатки открытых и закрытых систем.

Открытые системы. Преимущества

1. Высокая энергетическая эффективность благодаря использованию низкопотенциальных источников теплоты, в том числе отработавшего пара турбин ТЭЦ для подготовки больших количеств подпиточной воды теплосети.
2. Поддержание высокого качества сетевой воды во всей системе теплоснабжения и в местных системах отопления и горячего водоснабжения потребителей благодаря возможности высокоэффективной централизованной противонакипной и противокоррозионной обработки подпиточной воды на ТЭЦ.
3. Низкая стоимость местных тепловых пунктов потребителей.





Открытые системы. Недостатки

1. Более сложный гидравлический режим системы, возникающий из-за разности расходов сетевой воды в подающей и обратной магистралях.
2. Высокая стоимость оборудования для подготовки больших количеств подпиточной воды теплосети на ТЭЦ.
3. Интенсивная внутренняя коррозия сетевых трубопроводов при нарушении противокоррозионной обработки на ТЭЦ.

Закрытые системы. Преимущества

1. Стабильный гидравлический режим системы благодаря примерно одинаковому расходу сетевой воды в подающей и обратной магистралях.
2. Низкая стоимость установки для подготовки малых количеств подпиточной воды на ТЭЦ.

Закрытые системы. Недостатки

1. Пониженная энергетическая эффективность системы из-за ограничения возможностей использования низкопотенциальных источников теплоты на ТЭЦ.
2. Высокая стоимость большого количества местных или центральных тепловых пунктов потребителей из-за наличия в них подогревателей горячего водоснабжения, многократно превышающая стоимость водоподготовки на ТЭЦ.
3. Перетоки неаэрированной водопроводной воды в теплосеть через неплотности подогревателей горячего водоснабжения, приводящие к интенсивной внутренней коррозии трубопроводов теплосети.
4. Нарушения санитарно-гигиенических требований к горячему водоснабжению при нерегулируемых перетоках сетевой воды, не соответствующей нормативам качества питьевой воды, в трубопроводы горячей воды, подаваемой потребителям, через неплотности подогревателей горячего водоснабжения.

5. Высокая интенсивность внутренней коррозии металлических участков трубопроводов неаэрированной горячей воды в местных системах горячего водоснабжения от местного или центрального теплового пункта до потребителей.

Указанные преимущества открытых и закрытых систем носят объективный характер, а недостатки этих систем могут быть как объективными, так и субъективными, зависящими от уровня эксплуатации систем.

Открытые системы теплоснабжения получили широкое распространение прежде всего потому, что позволяют максимально реализовать эффект комбинированной выработки электрической и тепловой энергии за счёт использования низкопотенциальных источников теплоты для подогрева больших количеств подпиточной воды теплосети на ТЭЦ

Рассмотрим наиболее существенные достоинства и недостатки открытых систем. Открытые системы теплоснабжения получили широкое распространение прежде всего потому, что позволяют максимально реализовать эффект комбинированной выработки электрической и тепловой энергии за счёт использования низкопотенциальных источников теплоты для подогрева больших количеств подпиточной воды теплосети на ТЭЦ. Одним из замечательных примеров рационального использования низкопотенциальной теплоты может служить Южная ТЭЦ в Санкт-Петербурге с расходом подпиточной воды теплосети в несколько тысяч тонн в час. Подогрев ис-

ходной воды перед вакуумными деаэраторами подпиточной воды на этой ТЭЦ осуществляется только отработавшим паром трёх турбин Т-250-240 во встро-енных пучках конденсаторов.

Новые разработки [4–6] позволяют ещё более повысить эффект теплофикации за счёт низкотемпературной обработки подпиточной воды. Применение открытых систем полностью соответствует положениям федеральных законов об энергосбережении и о теплоснабжении, чётко определяющим приоритет теплофикации, то есть централизованного теплоснабжения на основе комбинированной выработки электрической и тепловой энергии.

Объективным недостатком открытых систем долгое время являлся сложный гидравлический режим из-за переменного расхода воды на ГВС. К счастью, в настоящее время этот недостаток успешно преодолевается путём применения современных приборов автоматического регулирования режима [7], и его можно исключить из числа объективных. Современные технологии водоподготовки позволяют значительно снизить её стоимость на ТЭЦ, потому и другой недостаток можно считать не столь существенным.

Наиболее упоминаемым недостатком открытых систем является недостаток субъективный: нарушение режима противокоррозионной обработки подпиточной воды теплосети. Это нарушение приводит к интенсивной внутренней коррозии сетевых трубопроводов и иногда к ухудшению органолептических свойств воды для систем горячего водоснабжения. К великому сожалению, в связи с общим кризисным состоянием эксплуатации энергооборудования, с уходом квалифицированного персонала с ТЭЦ и падением культуры эксплуатации недостаток этот стал весьма ощутим, потому стали так слышны голоса сторонников перехода на закрытые системы теплоснабжения.

Между тем, на рубеже 1980–1990-х годов были достигнуты впечатляющие результаты по обеспечению высокого качества подготовки воды для открытых систем. Так, в одной из достаточно крупных открытых систем теплоснабжения Прибалтики с очень низким качеством исходной воды уровень внутренней коррозии трубопроводов теплосети намного превышал аварийный. Нам с коллегой из ВТИ удалось организовать режим водоподготовки с остаточным содержанием кислорода в подпиточной воде в пределах 5–10 мкг/дм³, то есть в пять-десять раз меньше допустимого, и с полным отсутствием свободной углекислоты.



Через год индикаторы коррозии, установленные в сетевых трубопроводах, показали, что «уровень внутренней коррозии практически отсутствует». Аналогичные результаты были получены нами на теплоснабжающих предприятиях Поволжья, Сибири, Заполярья, Узбекистана.

Таким образом, не существует препятствий для эффективной противокоррозионной обработки воды для теплосети. А неумение, нежелание, безграмотность людей, отвечающих за теплоснабжение, не могут служить достаточными основаниями для перехода с открытых систем на закрытые.

О закрытых системах. Их ранее существовавшие преимущества перед открытыми системами, как показано выше, в современных условиях стали минимальными. На первый план при сравнении систем теплоснабжения выходит главный, органически присущий закрытым системам недостаток — пониженная энергетическая эффективность системы из-за ограничения возможностей использования низкопотенциальных источников теплоты на ТЭЦ. Подготовка малых количеств подпиточной воды для закрытых систем не оказывает решающего влияния на энергетическую эффективность теплофикационных систем. Подогрев же воды для ГВС в тепловых пунктах потребителей осуществляется не отработавшим паром турбин, а сетевой водой после сетевых подогревателей турбин, в которых используется пар гораздо более высокого потенциала. По этой причине выработка электроэнергии на тепловом потреблении, определяющая энергетическую эффективность ТЭЦ, на станциях, к которым подключены закрытые системы теплоснабжения, всегда гораздо ниже, чем на ТЭЦ с открытыми системами.

Таким образом, закон [2], требующий перевода открытых систем в закрытые, прямо противоречит федеральным законам об энергосбережении и о теплоснабжении. Сторонники ликвидации открытых систем даже не пытаются хотя бы ориентировочно прикинуть масштабы потерь топлива в теплоэнергетике и масштабы затрат в городских хозяйствах при переходе от открытых систем теплоснабжения к закрытым системам в половине крупных городов страны.

На первый план при сравнении систем теплоснабжения выходит главный присущий закрытым системам недостаток — пониженная энергетическая эффективность системы из-за ограничения возможностей использования низкопотенциальных источников теплоты на ТЭЦ

Недостатки закрытых систем, отмеченные в пунктах 3 и 4, можно было бы отнести к субъективным, связанным с низким уровнем эксплуатации этих систем. Однако в существующих закрытых системах с подогревателями ГВС в местных и центральных тепловых пунктах эти серьезнейшие недостатки повсеместны и труднопреодолимы [8]. Мой многолетний опыт исследовательской и наладочной работы в закрытых системах теплоснабжения ряда городов и опыт моих коллег показывают, что полную герметичность закрытых систем следует считать мифом: во всех закрытых системах из-за неплотностей подогревателей горячего водоснабжения существуют огромные перетоки неаэрированной водо-

проводной воды в теплосеть, приводящие к интенсивной внутренней коррозии трубопроводов теплосети. В ряде случаев переток в теплосеть неаэрированной воды делает практически никчемной хорошую деаэрацию малых количеств подпиточной воды на ТЭЦ. Именно по этой причине, как показали результаты проведенного ВТИ в начале 1990-х годов широкомасштабного обследования отечественных систем теплоснабжения, интенсивность внутренней коррозии в открытых и закрытых системах практически одинакова. А ведь именно снижение внутренней коррозии теплосети адепты трансформации открытых систем в закрытые выдвигают главным аргументом.

Проектные организации, обязанные по закону [2] проектировать подключение новых зданий по закрытой схеме, в основном продолжают тиражировать эти недостатки.

В последние годы сторонники закрытых систем утверждают, что многие недостатки можно устранить путём внедрения индивидуальных квартирных тепловых пунктов (ИТП) [9]. Такие ИТП широко распространены на Западе, где отсутствуют крупные теплофикационные системы.

Квартирные ИТП действительно имеют много преимуществ перед центральными (ЦТП) и местными (МТП) тепловыми пунктами. К квартире подводится только три трубопровода: подающий и обратный сетевые трубопроводы и трубопровод водопроводной питьевой воды для холодного и горячего водоснабжения. Малая протяжённость квартирных трубопроводов горячей воды позволяет отказаться от трубопроводов и насосов рециркуляции. Малогабаритный квартирный ИТП с весьма эффективной автоматикой осуществляет местное управление температурным режимом в квартире и регулирование температуры воды для горячего водоснабжения. Естественно, что в ИТП обеспечивается и учёт потребляемой тепловой энергии.

Оснащение жилых домов квартирными ИТП является весьма дорогостоящим мероприятием. Осуществлять его целесообразно лишь при новом строительстве жилых кварталов.

Предпринимаемые иногда попытки внедрения квартирных ИТП в рамках реконструкции инженерного оборудования жилых домов являются экономически некупаемыми. Представители западных фирм-производителей в частных беседах нередко говорят, что проще построить новый дом с квартирными ИТП, чем реконструировать инженерные коммуникации в старом доме.

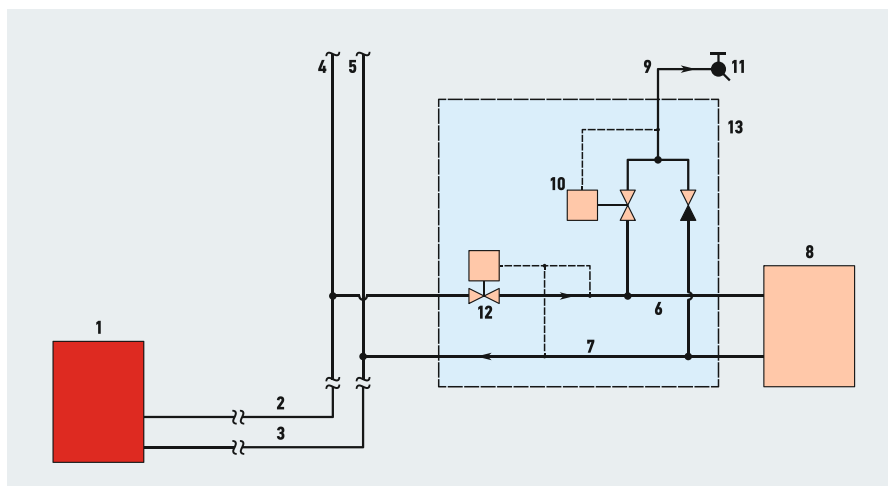


Рис. 1. Схема индивидуального теплового пункта открытой системы теплоснабжения (1 — теплоисточник; 2 и 3 — подающий и обратный сетевые трубопроводы; 4 и 5 — подающий и обратный стояки отопления; 6 и 7 — подающий и обратный трубопроводы поквартирной системы отопления; 8 — отопительный прибор; 9 — подающий трубопровод ГВС; 10 — регулятор температуры горячей воды; 11 — водоразборный кран; 12 — регулятор перепада давления; 13 — квартирный тепловой пункт)

Несмотря на все достоинства квартирных ИТП, сами по себе они не гарантируют надёжного и высококачественного теплоснабжения. Для организации такого теплоснабжения необходима эффективная работа всех элементов теплофикационной системы: ТЭЦ, тепловых сетей и абонентских установок. В ряде городов с неудовлетворительным качеством водоподготовки на теплоисточниках, например, приходилось наблюдать забивание малогабаритных пластинчатых подогревателей воды для горячего водоснабжения квартирных ИТП продуктами коррозии.

Отметим также, что в квартирных ИТП западных производителей с подогревателями горячего водоснабжения, включёнными по параллельной схеме, полностью игнорируется преимущество отечественных последовательных и смешанных двухступенчатых схем включения подогревателей, позволяющих использовать теплоту обратной сетевой воды для подогрева воды для горячего водоснабжения. Это преимущество отечественных схем существенно для повышения энергетической эффективности теплофикационных систем, и мы можем его просто утратить при широком распространении ИТП западного производства.

Другим недостатком любых тепловых пунктов, в том числе и ИТП, в закрытых системах централизованного теплоснабжения является необходимость поддержания повышенной температуры сетевой воды (по сравнению с открытыми системами теплоснабжения) для преодоления термического сопротивления подогревателей горячего водоснабжения. Традиционно такое повышение оценивается в 10 °С. Повышение температуры

сетевой воды ведёт к повышению параметров отборов пара теплофикационных турбин и к соответствующему снижению выработки электроэнергии на тепловом потреблении на ТЭЦ. Так, только для одной турбины Т-100-130, наиболее распространённой на отечественных ТЭЦ, повышение температуры сетевой воды на 10 °С ведёт к годовому перерасходу условного топлива более чем в 2000 тонн. Таким образом, при использовании квартирных ИТП западного производства для закрытых систем теплоснабжения мы в значительной мере снижаем эффективность теплофикации.

Надо признать, что тенденция к расширению сферы применения квартирных ИТП в определённой мере оправдана. Однако кто сказал, что квартирные ИТП могут применяться только в закрытых системах?

Один из вариантов квартирного ИТП, который может быть рекомендован для открытой системы теплоснабжения, показан на рис. 1 [10]. Установка таких ИТП имеет следующие преимущества:

- значительное повышение качества теплоснабжения за счёт индивидуального регулирования тепловой нагрузки (регулирования отопительной нагрузки и температуры воды для горячего водоснабжения);
- существенное удешевление квартирных ИТП по сравнению с ИТП для закрытых систем;
- сохранение преимуществ теплофикационной выработки электрической и тепловой энергии на ТЭЦ.

Думаю, что изготовление таких достаточно простых и недорогих квартирных ИТП для открытых систем теплоснабже-

ния могут легко освоить отечественные производители инженерного оборудования для ЖКХ.

В заключение отметим, что проблема теплоснабжения совсем не в типе систем — открытых или закрытых. И те, и другие в большинстве городов страны сегодня работают неудовлетворительно. Где же выход из создавшегося положения в открытых, да и закрытых системах централизованного теплоснабжения? Полагаю, что выход — в приведении в порядок и усовершенствовании существующего теплоэнергетического хозяйства. Это потребует в сотни, если не в тысячи раз меньших затрат, чем при обращении руководителей этого хозяйства «в другую веру» — к другой парадигме развития отечественного теплоснабжения.

Понимаю, что при существующей расчленённости энергетики, при противоречии интересов теперь уже негосударственных генерирующих и теплосетевых компаний и при полной отстранённости государства от управления энергетикой реализовать это сложно, но необходимо.

Уверен, что здравый смысл победит, и в обозримом будущем проблема выбора способа горячего водоснабжения будет решаться прежде всего исходя из энергетической эффективности теплофикационных систем и с учётом качества исходной воды в источниках водоснабжения конкретных городов. ●

1. Рекомендации по выбору систем теплоснабжения (открытых, закрытых) с учётом качества водопроводной воды. — М.: Союзтехэнерго, 1989. 7 с.
2. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «О водоснабжении и водоотведении». Федеральный закон РФ от 07.12.2011 №417-ФЗ.
3. Стренадко И.М., Рожков Р.Ю., Кийски А.В. О проблемах открытых систем теплоснабжения //Новости теплоснабжения, 2013. №1. С. 18–20.
4. Патент РФ №2537656. МПК F 01 K 17/00. Способ работы тепловой электрической станции / В.И. Шарапов, О.В. Пазушкина, Е.В. Кудрявцева; заявл. 19.07.2013; опубл. 10.01.2015. Бюл. №1.
5. Шарапов В.И., Пазушкина О.В., Кудрявцева Е.В. Энергоэффективный способ низкотемпературной деаэрации подпиточной воды // Теплоэнергетика, 2016. №1. С. 59–65.
6. Шарапов В.И., Кудрявцева Е.В. Энергетическая эффективность низкотемпературной деаэрации подпиточной воды теплосети // Электрические станции, 2017. №2. С. 23–26.
7. Ротов П.В., Шарапов В.И. Особенности регулирования нагрузки систем теплоснабжения в переходный период // Энергосбережение и водоподготовка, 2010. №2. С. 25–28.
8. Шарапов В.И. О предотвращении внутренней коррозии теплосети в закрытых системах теплоснабжения // Теплоэнергетика, 1998. №4. С. 16–19.
9. Квартирные тепловые пункты в многоквартирных жилых домах. Р НП «АВОК» 3.2.1–2009. — М.: АВОК-Пресс, 2009. 46 с.
10. Патент РФ №2549089. МПК F 24 D 3/08. Способ работы открытой двухтрубной системы теплоснабжения / П.В. Ротов, М.Е. Орлов, В.И. Шарапов, А.А. Сивухин; заявл. 10.10.2013; опубл. 20.04.2015. Бюл. №11.

References — see page 93.

Problems of transformation open heating systems to closed. Pp. 43–47.

Vladimir V. Sharapov, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Department of Heat-and-gas Service and Ventilation, Ulyanovsk State Technical University (ULSTU)

1. *Rekomendacii po vyboru sistem teplosnabzhenija (otkrytyh, zakrytyh) s uchjotom kachestva vodoprovodnoj vody* [Recommendations on the choice of heat supply systems (open, closed) taking into account the quality of tap water]. Moscow. *Sojuztehnenergo* ["Soyuztekhenergo" Construction and Production Association]. 1989. 7 p. [In Russian]
2. *O vnesenii izmenenij v otдел'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii v svjazi s prinjatiem Federal'nogo zakona "O vodosnabzhenii i vodootvedenii"*. *Fed. zakon RF ot 07.12.2011 №417-FZ* [On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation in connection with the adoption of the Federal Law "On Water Supply and Sanitation". Federal Law of the Russian Federation of December 07, 2011 No. 417-FL]. [In Russian]
3. Strenadko I.M., Rozhkov R.Ju., Kijski A.V. *O problemah otkrytyh sistem teplosnabzhenija* [On the problems of open heating systems]. *Novosti teplosnabzhenija* ["News of heat supply" Magazine]. 2013. No. 1. Pp. 18–20. [In Russian]
4. Patent No. 2537656 (RU). IPC F 01 K 17/00. *Sposob raboty teplovoj jelektricheskoj stancii* [The method of operation of a thermal power station]. V.I. Sharapov, O.V. Pazushkina, E.V. Kudrjavceva. Decl. July 19, 2013. Publ. January 10, 2015. Bull. No. 1. [In Russian]
5. Sharapov V.I., Pazushkina O.V., Kudrjavceva E.V. *Jenergojeffektivnyj sposob nizkotemperaturnoj deajeracii podpitochnoj vody* [Energy efficient method of low-temperature deaeration of make-up water]. *Teplojenergetika* ["Thermal power" Magazine]. 2016. No. 1. Pp. 59–65. [In Russian]
6. Sharapov V.I., Kudrjavceva E.V. *Jenergeticheskaja jeffektivnost' nizkotemperaturnoj deajeracii podpitochnoj vody teploseti* [Energy efficiency of low-temperature deaeration of make-up water of the heat network]. *Elektricheskie stancii* ["Electrical stations" Magazine]. 2017. No. 2. Pp. 23–26. [In Russian]
7. Rotov P.V., Sharapov V.I. *Osobennosti regulirovanija nagruzki sistem teplosnabzhenija v perehodnyj period* [Features of load control of heating systems in the transition period]. *Jenergoberezhenie i vodopodgotovka* ["Energy saving and water treatment" Magazine]. 2010. No. 2. Pp. 25–28. [In Russian]
8. Sharapov V.I. *O predotvrashhenii vnutrennej korrozii teploseti v zakrytyh sistemah teplosnabzhenija* [On the prevention of internal corrosion of the heating system in closed heating systems]. *Teplojenergetika* ["Thermal power" Magazine]. 1998. No. 4. Pp. 16–19. [In Russian]
9. *Kvartirnye teplovye punkty v mnogokvartirnyh zhilyh domah. R NP "AVOK" 3.2.1–2009* [Apartment heating points in apartment buildings. Recommendation of the Non-Commercial Partnership "The Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics" (ABOK) No. 3.2.1–2009]. Moscow. AVOK-Press ["ABOK-Press" Publishers]. 2009. 46 p. [In Russian]
10. Patent No. 2549089 (RU). IPC F 24 D 3/08. *Sposob raboty otkrytoj dvuhtrubnoj sistemy teplosnabzhenija* [The method of operation of an open two-pipe heating system]. P.V. Rotov, M.E. Orlov, V.I. Sharapov, A.A. Sivuhin. Decl. October 10, 2013. Publ. April 20, 2015. Bull. No. 11. [In Russian]