

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 697.2

В. А. Кутовой, В. В. Лихачева, канд. техн. наук,
А. В. Кутовой

Автомобильно-дорожный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет»
в г. Горловка

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ

Проблема большого перерасхода тепловой энергии в существующих системах теплоснабжения с центральными тепловыми пунктами и большие эксплуатационные расходы диктуют необходимость реформирования данной системы и внедрения новой передовой, экономически целесообразной, системы с индивидуальными тепловыми пунктами. Это позволит решить ряд задач экономического и организационного плана при теплофикации населенных пунктов.

Ключевые слова: система теплоснабжения, центральный тепловой пункт, индивидуальный тепловой пункт, теплопотеря, горячее водоснабжение, коррозия, подогревающее-аккумулирующее устройство, теплообменник, капиталовложение, затраты

Введение

В сегодняшних реалиях рациональное использование первичных топливно-энергетических ресурсов (внедрение новых технологических процессов, реконструкция и модернизация энерго- и топливо-потребляющего оборудования, снижение потерь топлива, оптимизация выбора энергоносителей и улучшение режимов эксплуатации объектов топливно-энергетического хозяйства и т. д.), энергосбережение, как дополнительный источник ресурсов топлива, электрической и тепловой энергии, приобретает особо важное народно-хозяйственное значение.

В настоящее время наблюдается существенный перерасход тепловой энергии в жилых и общественных зданиях; его, по сравнению с расчетным, в городах Донецкой Народной Республики оценивают в 25–35 %. Причинами большого перерасхода тепловой энергии являются: недостаточная тепловая изоляция, а иногда и ее отсутствие на тепловых сетях; утечки в тепловых сетях и местных абонентских системах отопления и горячего водоснабжения; многотрубность во внутриквартальных сетях от центральных тепловых пунктов (ЦТП); низкие теплозащитные свойства защищающих наружных конструкций и инфильтрация; морально устаревшее оборудование источников теплоты; отсутствие деаэрации и необходимой водоподготовки; неурегулирование местных систем отопления и несоблюдение необходимых давлений на абонентских вводах; отсутствие промывки тепловых сетей и абонентских систем отопления перед отопительным периодом; отсутствие регулирующих устройств на абонентских вводах и устройств учета тепловой энергии; несоблюдение графика центрального качественного регулирования на источниках теплоты; отсутствие элеваторов на вводах отопительных систем; потери с утечками воды из систем горячего водоснабжения и т. п. [1].

Целью работы является поиск оптимального варианта теплоснабжения потребителей для минимизации тепловых потерь и улучшения экологической ситуации за счет экономии первичных топливно-энергетических ресурсов.

Изложение основного материала исследований

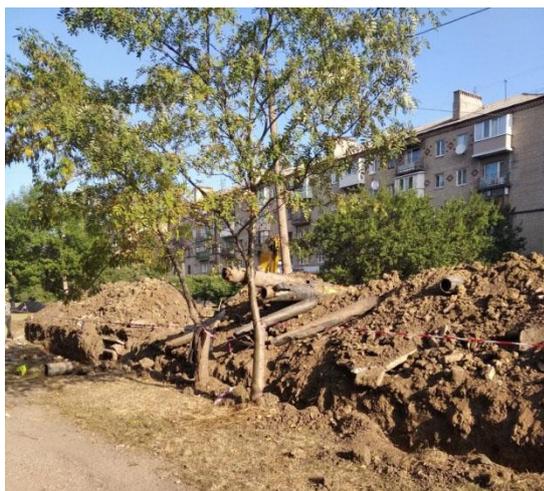
Перевод систем теплоснабжения с ЦТП на индивидуальные тепловые пункты (ИТП) всегда вызывал большой интерес, но не находил рационального воплощения по ряду объективных и субъективных причин.

Исследования, проводившиеся рядом институтов, показали, что система теплоснабжения квартала с ИТП и насосным подмешиванием экономичнее системы с ЦТП при тепловой нагрузке 27,7 МВт – на 5 %, при тепловой нагрузке 13,85 МВт – на 15 %, а при тепловой нагрузке 7 МВт – на 28 % [2].

Снижение стоимости систем теплоснабжения с ИТП объясняется сокращением количества трубопроводов во внутриквартальной сети с четырех до двух и соответствующим уменьшением теплопотерь на них и снижением расхода электроэнергии для обеспечения циркуляции в системах горячего водоснабжения (ГВС).

Существенным недостатком ЦТП, кроме их большой стоимости, является коррозия внутриквартальных сетей горячего водоснабжения. Из-за отсутствия водоподготовки часто уже через 2–3 года эксплуатации в трубах образуются свищи, через которые вода затопливает каналы систем теплофикации, что способствует дополнительной наружной коррозии как самих трубопроводов ГВС, так и отопления, и, естественно, увлажняет, разрушает тепловую изоляцию [3].

Это вынуждает периодически производить замену труб, что сопровождается большими экономическими затратами (см. рисунок).



а)



б)

а – демонтаж старых труб; б – извлеченные и непригодные для дальнейшей эксплуатации трубы

Рисунок – Замена старых труб теплосети (г. Горловка, ул. Рудакова, 2023 г.)

Существуют десятки схем подключения автоматизированных систем отопления и горячего водоснабжения к тепловым сетям централизованного теплоснабжения, однако нет таких, в которых одновременно решается проблема обеспечения гидравлической изолированности местных систем отопления и горячего водоснабжения от тепловых сетей и выравнивания графиков неравномерности суточного водопотребления в системах ГВС. Эта задача может быть решена путем внедрения ИТП с подогревающе-аккумулирующими устройствами (ПАУ) и трехконтурными теплообменниками, подсоединенными к двухтрубной тепловой сети. Сложный теплообмен в конструкции ПАУ обеспечивается эффективным использованием теплоты первичного теплоносителя и распределения его между системами отопления и горячего водоснабжения в течение суток. Они не нуждаются в сложных схемах авторегулирования [4].

В последнее время наметилась тенденция децентрализации систем теплоснабжения.

Решить проблему обеспечения теплом и горячей водой на современном уровне могут только системы теплоснабжения от индивидуальных тепловых пунктов с многоконтурными теплообменниками и двухтрубной сетью.

Создание высокоэффективных систем теплоснабжения с ИТП должно приобретать первоначальное значение при переходе на двухтрубную тепловую сеть. Для достижения поставленных целей относительно обеспечения гидравлической изолированности систем отопления и ГВС от тепловых сетей системы централизованного теплоснабжения необходимо в ИТП устанавливать два теплообменника, а для выравнивания графика суточной неравномерности – еще и баки-аккумуляторы горячей воды. При отдельной установке требуются значительные производственные площади для их размещения как в ИТП, так и в ЦТП, а тепловые потери достигают от 15 до 30 %, и неэффективно используется теплота первичного теплоносителя.

Поэтому создание компактных установок с трехконтурными теплообменниками для ИТП становится определяющим в решении важной проблемы энергоресурсосбережения в системах централизованного теплоснабжения.

Таким образом, перевод существующих четырехтрубных систем теплоснабжения на двухтрубные представляет существенный экономический, научный и социально-технический интерес.

Анализ существующих систем теплоснабжения

Сравнительный анализ принципиальных схем подсоединения местных систем отопления к водяным тепловым сетям показывает, что они приемлемы как при четырехтрубной внутриквартальной тепловой сети, так и при двухтрубной системе теплоснабжения с ИТП. Что касается размещения основного оборудования абонентского ввода в ИТП, то его можно значительно сократить, если в системах отопления вместо чугунных радиаторов использовать комбинированные отопительные приборы с испарительно-конденсационным контуром. Эти приборы могут работать от двух источников: теплосети и электрической сети и способны поддерживать стабильную температуру воздуха в помещении и не допускать перетопки в переходные периоды года.

Применение этих приборов позволит снизить металлоемкость местной системы отопления и трубопроводов системы теплоснабжения в целом из-за снижения расхода теплоносителя в тепловой сети. Независимая схема подключения этих приборов к системе централизованного отопления позволяет использовать теплоноситель повышенных параметров, с температурой +105 °С, что практически полностью исключает зашламовывание местных отопительных систем. Такая система отопления состоит из вертикальных и горизонтальных труб, на горизонтальные участки которых монтируются комбинированные отопительные приборы.

Максимумы водопотребления, возникающие в системах горячего водоснабжения, будут покрываться за счет аккумуляторов горячей воды в ИТП, которые приблизят приготовление горячей воды с расчетной температурой к потребителю. ИТП лучше всего размещать в средней части здания, что сокращает протяженность внутридомовых магистралей системы горячего водоснабжения и уменьшает гидравлические и тепловые потери в них. Переход на ИТП вместо ЦТП позволит отказаться от четырехтрубной внутриквартальной сети и перейти на двухтрубную, что снизит капитальные вложения и металлоемкость системы теплоснабжения в целом [5].

Для выравнивания суточных графиков тепло- и водопотребления в системах горячего водоснабжения обычно используются баки-аккумуляторы, но установка их в ИТП, как правило, невозможна из-за ограниченного объема помещения.

Существующие схемы с отдельной установкой водоподогревателя и аккумулятора горячей воды, схемы с верхним или нижним расположением бака-аккумулятора, с насосом или

подачей горячей воды за счет давления в сети городского водопровода или с емким водонагревателем не обеспечивают постоянного нагревания воды до расчетной температуры, а также требуются значительные теплообменные поверхности нагрева при централизованном ГВС.

Также отдельная установка скоростных водоподогревателей с установкой баков-аккумуляторов позволяет сглаживать «пиковые» нагрузки тепло- и водопотребления, но требуется значительная площадь для их размещения, что трудно реализуется в ИТП [6].

Решением этой проблемы явилось создание новой конструкции компактных установок, способных снять «пиковые» нагрузки в системе ГВС при стабильном нагревании водопроводной воды до необходимой температуры, простых в изготовлении и обслуживании, занимающих небольшую площадь, позволяющую размещать их в ИТП.

Нагрев воды на ГВС осуществляется в скоростном водоподогревателе, расположенном внутри аккумулирующей емкости, которая служит для снятия «пиковых» нагрузок в системе ГВС. Эта комбинированная компактная конструкция получила название подогревающе-аккумулирующей установки.

Отличительные особенности потребления теплоты в различных системах горячего водоснабжения

При централизованном теплоснабжении городов годовой расход тепловой энергии на централизованное ГВС достигает 60 % от общего расхода теплоты, потребляемой жилыми зданиями.

Расход теплоты на ГВС характеризуется резко выраженной внутрисуточной неравномерностью, которая в пределах одного часа может изменяться от 0 до 400 % по отношению к среднечасовому за сутки.

В жилых зданиях расход горячей воды и мера неравномерности водопотребления зависит от ряда факторов: графика подачи горячей воды в течение суток, установленного санитарно-технического оборудования, площади квартир, плотности их заселения, категории жителей, сменности и продолжительности их работы: времени суток, дней недели, месяцев года и т. д.

В системах централизованного горячего водоснабжения расход горячей воды зависит также от режима работы системы в течение суток.

Важную роль в расходе горячей воды играет наличие средств учета, так, например, при $t_2 = +65$ °С без водомера расход воды на одного жителя в сутки составляет 120 л/чел, с водомером – 76 л/чел.

Исследование систем ГВС [7] показывает, что среднесуточный расход горячей воды зависит в основном от плотности заселения квартир:

- при большой плотности заселения рекомендуется норма 95 л/чел в сутки;
- при средней плотности заселения квартир – 110 л/чел в сутки;
- при неоднородном заселении квартир в новых домах – 120 л/чел в сутки.

В этой связи предусматривается норма расхода горячей воды в жилых зданиях на одного жителя в пределах 85–130 л/чел в сутки при $t_2 = +55$ °С, что соответствует удельному расходу теплоты на централизованное ГВС в размере 320,425 Вт/чел.

В часы максимального водоразбора нагрузка на ГВС может увеличиваться до 170–280 % по сравнению со среднечасовой в сутки.

Эта неравномерность в потреблении горячей воды вызывает существенную разрегулировку систем теплоснабжения в целом, поскольку расход воды на ГВС в течение одного часа может увеличиваться в 2–4 раза. Особенно резко увеличивается коэффициент часовой неравномерности в выходные и предвыходные дни, когда он может достигнуть своего максимума, около 4,2–4,5.

Если коммунально-бытовые потребители снабжаются теплом от индивидуального источника, то значение этого фактора резко снижается.

Обоснование целесообразности применения ИТП с аккумуляторами горячей воды

Применение компактных ПАУ, устанавливаемых в ИТП в каждом здании, позволяет отказаться от четырехтрубной внутриквартальной тепловой сети. Уменьшение числа внутриквартальных трубопроводов с четырех до двух позволяет сократить расход труб и строительных конструкций (лотков, опор, компенсаторов, арматуры, изоляции и т. п.), при этом уменьшается коррозия трубопроводов системы ГВС и снижаются потери тепла ими [8].

ПАУ обеспечивает нагревание воды до необходимой температуры, уменьшает расчетную поверхность теплообменника для системы ГВС и сглаживает «пики» графика суточного тепло- и водопотребления.

Сравнение вариантов систем теплоснабжения с ЦТП и ИТП по приведенным затратам и капиталовложениям показало, что снижение стоимости систем теплоснабжения при переходе на ИТП зависит от тепловой нагрузки района.

Если сравнить систему теплоснабжения от ЦТП с тепловой мощностью 100–126 ГДж/ч (24–30 Гкал/ч) с системой теплоснабжения от ИТП, то при одинаковой стоимости последняя имеет примерно на 5 % большую теплопроизводительность, а при мощности ЦТП 25,2 ГДж/ч (6 Гкал/ч) – на 28 %.

Технико-экономический анализ показывает, что при оптимальной тепловой нагрузке ЦТП, равной 105 ГДж/ч (25 Гкал/ч) с учетом стоимости регуляторов подачи тепла на отопление система теплоснабжения с ИТП на 10–15 % дешевле системы с ЦТП.

Комплексное решение вопроса создания систем теплоснабжения с малогабаритными ИТП заводского изготовления, которые размещаются в подвальных помещениях зданий, с применением средств автоматического регулирования и контроля позволит повысить качество и надежность работы системы теплоснабжения в целом.

Кроме того, применение ПАУ в ИТП по сравнению с отдельной установкой скоростного теплообменника и бака-аккумулятора на ИТП равной мощности уменьшает стоимость ИТП с ПАУ на 37,7 % [9].

Многовариантность различных схем подключения местных систем отопления, вентиляции и ГВС вызвана эволюцией их развития и усовершенствования, начиная от печного отопления до наиболее совершенных схем на базе крупных источников систем централизованного теплоснабжения при сплошной теплофикации наших городов.

Тем не менее, огромное количество всевозможных схем и целых подсистем вызывает большие затруднения при выборе оптимального варианта, связанного с экономией материалов, а также энергосберегающих ресурсов государства.

Анализ существующих систем теплоснабжения показывает, что применение возможно только после технико-экономического обоснования, с учетом надежности и бесперебойности их работы.

Типовые системы и схемы теплоснабжения привели к значительному удорожанию их, а иногда и несовместимости при сложных гидравлических и тепловых режимах эксплуатации, вызванных:

- повышенной этажностью по сравнению с соседними потребителями; низким давлением в сети городского водопровода;
- недостаточным давлением в узловых точках тепловой сети;
- многотрубностью систем теплоснабжения;
- отсутствием надлежащего надзора при эксплуатации;
- низким коэффициентом теплоотдачи теплообменных поверхностей нагрева; защитой трубопроводов от наружной и внутренней коррозии, а также от коррозии блуждающими токами;
- высокой карбонатной жесткостью начальной водопроводной воды;
- малоэффективными методами обработки воды для систем ГВС, а иногда полным отсутствием этих установок и т. п.

Сложившаяся ситуация требует особого подхода по совершенствованию существующих систем теплоснабжения, имеющих минимальную металлоемкость, компактность, надежность, а также эффективность теплообмена этих установок и выбора рациональных схем их подключения.

Переход от четырехтрубных тепловых сетей на двухтрубные, даже при централизованном теплоснабжении от ТЭЦ, возможен при сооружении ИТП с компактными ПАУ для независимых саморегулирующихся систем отопления и ГВС.

Выводы

На основании проведенных исследований можно сделать следующие заключения:

1. Строительство ИТП по сравнению с ЦТП при централизованном ГВС не вызывает сомнения, поскольку они имеют ряд преимуществ, связанных с экономией как капитальных вложений во внутриквартальные сети системы ГВС, так и эксплуатационных расходов.

2. При централизованном ГВС от ИТП с ПАУ требуется помещение относительно небольших размеров, где и размещается оборудование узла управления абонентским вводом системы отопления здания. Поэтому строительство ИТП не требует значительных капитальных затрат.

3. Техничко-экономические расчеты, выполненные рядом институтов, показали, что система теплоснабжения квартала с ИТП, расположенном в подвале здания, экономичнее системы с ЦТП.

4. Уменьшение стоимости системы теплоснабжения с ИТП объясняется сокращением числа трубопроводов с четырех до двух во внутриквартальной сети, снижением тепловых потерь, а также сокращением расхода электроэнергии на транспортировку теплоносителя.

Список литературы

1. Авдюнин, Е. Г. Источники и системы теплоснабжения. Тепловые сети и тепловые пункты : учебник / Е. Г. Авдюнин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019 – 300 с. – ISBN 978-5-9729-0296-5.
2. Хлудов, А. В. Горячее водоснабжение / А. В. Хлудов. – Москва : Госстройиздат, 1987. – 464 с.
3. Мадорский, Б. М. Эксплуатация центральных тепловых пунктов, систем отопления и горячего водоснабжения / Б. М. Мадорский, В. А. Шмидт. – Москва : Стройиздат, 1971. – 168 с.
4. Пырков, В. В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование / В. В. Пырков. – Киев : Такі справи, 2007. – 252 с. – ISBN 966-7208-35-4.
5. Подгорный, В. Ю. Рекомендации по проектированию автоматизированных узлов присоединения многоэтажных зданий к тепловым сетям г. Киева / В. Ю. Подгорный. – 2-я редакция. – Киев : Киевпроект, 2000. – 23 с.
6. Витальев, В. П. Эксплуатация тепловых пунктов и систем теплоснабжения : справочник / В. П. Витальев, В. Б. Николаев, Н. Н. Сельдин. – Москва : Стройиздат, 1988. – 623 с. – ISBN 5-274-00054-1.
7. Исследование систем теплоснабжения / Л. С. Попырин, К. С. Светлов, Г. М. Беляева [и др.]. – Москва : Наука, 1989. – 215 с. – ISBN 5-02-006538-2.
8. Андрейчук, М. Д. Пути совершенствования систем теплоснабжения / М. Д. Андрейчук, В. И. Соколов, А. О. Коваленко, К. М. Дядичев. – Луганск : Восточно-украинский национальный университет имени Владимира Даля, 2003. – 244 с. – ISBN 966-590-386-1.
9. Олексюк, А. А. Расчет и проектирование индивидуальных тепловых пунктов : монография / А. А. Олексюк. – М-во образования и науки Украины ; Научные труды ДГАСА. – 1998. – Вып. 3(5). – 105 с.

В. А. Кутовой, В. В. Лихачева, А. В. Кутовой
Автомобильно-дорожный институт (филиал)

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка

Решение проблем теплоснабжения потребителей за счет использования
индивидуальных тепловых пунктов

Проблема значительного перерасхода тепловой энергии в существующих системах теплоснабжения с центральными тепловыми пунктами, вызванного рядом причин, раскрытых в статье, диктует необходимость перехода на систему теплоснабжения с индивидуальными тепловыми пунктами, что позволит значительно снизить стоимость тепловой энергии.

Снижение стоимости достигается сокращением количества трубопроводов во внутриквартальной сети с четырех до двух, и соответствующим уменьшением теплопотерь на них; снижением расхода электроэнергии на обеспечение циркуляции воды; отсутствием коррозии в трубах подвода тепла к зданиям и необходимости периодической их замены; отсутствием проблемы обеспечения гидравлической изолированности местных систем отопления и горячего водоснабжения от тепловых сетей и выравнивания графиков неравномерности суточного водопотребления в системах горячего водоснабжения.

Проблему возможно решить путем внедрения индивидуальных тепловых пунктов с подогревающе-аккумулирующими устройствами и трехконтурными теплообменниками, подсоединенными к двухтрубной тепловой сети. Экономия капиталовложений при строительстве и эксплуатации внутриквартальных сетей системы горячего водоснабжения подтверждена технико-экономическим анализом. Система теплоснабжения квартала с индивидуальным тепловым пунктом, расположенном в подвале здания, экономичнее системы теплоснабжения с центральным тепловым пунктом.

СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТЕПЛОВОЙ ПУНКТ, ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ТЕПЛОВОЙ ПУНКТ, ТЕПЛОПOTЕРЯ, ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КОРРОЗИЯ, ПОДОГРЕВАЮЩЕ-АККУМУЛИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО, ТЕПЛООБМЕННИК, КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЕ, ЗАТРАТЫ

V. A. Kutovoi, V. V. Likhachova, A. V. Kutovoi

Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Donetsk National Technical University» in Gorlovka
Solving Heat Supply Problems for Consumers through the Use of Individual Heating Points

The problem of significant overconsumption of the thermal energy in existing heat supply systems with central heating points, caused by a number of reasons disclosed in the article, dictates the need to switch to the heat supply system with individual heating points, which will significantly reduce the cost of the thermal energy.

The cost reduction is achieved by reducing the number of pipelines in the intra-block network from four to two, and a corresponding reduction in the heat loss on them; reducing energy consumption to ensure water circulation; absence of corrosion in heat supply pipes to buildings and the need for periodic replacement; the absence of the problem of ensuring local heating hydraulic isolation and hot water supply systems from heating networks and leveling the uneven graphs of daily water consumption in hot water supply systems.

The problem can be solved by introducing individual heating points with heating and storage devices and three-circuit heat exchangers connected to a two-pipe heating network. Savings in capital investments during the construction and operation of intra-block hot water supply systems are confirmed by technical and economic analysis. The heat supply system for a block with an individual heating point located in the basement of the building is more economical than a heat supply system with a central heating point.

HEAT SUPPLY SYSTEM, CENTRAL HEATING POINT, INDIVIDUAL HEATING POINT, HEAT LOSS, HOT WATER SUPPLY, CORROSION, HEATING-STORAGE DEVICE, HEAT EXCHANGER, CAPITAL INVESTMENT, COSTS

Сведения об авторах:

В. А. Кутовой

SPIN-код РИНЦ : 7968-2661
 Google Scholar: <https://scholar.google.com.ua/citations?user=RyBd2zoAAAAJ&hl=ru>
 Телефон: +7 (949) 330-84-01
 Эл. почта: kutovoj.vitalij@yandex.ru

В. В. Лихачева

SPIN-код РИНЦ : 1784-9410
 Google Scholar: <https://scholar.google.com.ua/citations?user=OX4d7tgAAAAJ&hl>
 Телефон: +7 (949) 379-75-92
 Эл. почта: lixachova@mail.ru

А. В. Кутовой

Телефон: +7 (949) 402-06-57
 Эл. почта: dinamokiev1927@mail.ru

Статья поступила 07.09.2023

© В. А. Кутовой, В. В. Лихачева, А. В. Кутовой, 2023

Рецензент: М. В. Коновальчик, канд. техн. наук,

*Автомобильно-дорожный институт
 (филиал) ДонНТУ в г. Горловка*