

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| Глава 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР | 6 |
| 1.1 Особенности систем теплоснабжения в России и зарубежных странах..... | 16 |
| 1.2 Анализ способов подключения систем горячего водоснабжения..... | 21 |
| 1.3 Аспекты перехода на закрытые системы водоснабжения..... | 36 |
| 1.4 Выводы по главе 1 | 42 |
| Глава 2 АНАЛИЗ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ..... | 43 |
| 2.1 Устройство и принцип работы пластинчатого теплообменника..... | 43 |
| 2.2 Проблемы систем закрытого водоснабжения (на примере г. Дзержинск и г. Серч) | 52 |
| 2.3 Анализ системы горячего водоснабжения жилого дома г. Тольятти . | 57 |
| 2.4 Исследование причин загрязнения системы горячего водоснабжения жилого дома г. Тольятти..... | 64 |
| 2.5 Выводы по главе 2..... | 70 |
| Глава 3 РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ | 71 |
| 3.1 Совершенствование схемы системы горячего водоснабжения..... | 71 |
| 3.2 Обслуживание систем горячего водоснабжения | 80 |
| 3.3 Выбор источника водоснабжения | 82 |
| 3.4 Предложения по внесению изменений в ФЗ №190 «О теплоснабжении»..... | 84 |
| 3.5 Выводы по главе 3..... | 85 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 86 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ | 88 |

ВВЕДЕНИЕ

Согласно Федеральному Закону от 27 июля 2010 года «190-ФЗ «О теплоснабжении» с 1 января 2013 года вновь вводимые объекты капитального строительства должны иметь подключение к системам горячего водоснабжения только по закрытой схеме, а с 1 января 2022 года все жилые дома должны быть подключены к горячему водоснабжению по закрытой схеме.

В настоящее время качественное обеспечение услугой горячего водоснабжения населения является одним из значимых аспектов для комфортной жизни каждого человека. Но задача по обеспечению данной услугой при переходе на закрытую систему горячего водоснабжения с течением времени становится невыполнима: быстрый износ оборудования, а именно зарастание водоподогревателя и трубопроводов накипью, образование коррозии приводит к ухудшению качества и параметров воды.

Как считалось ранее, причина зарастания элементов системы горячего водоснабжения состоит в жесткости воды, то есть чаще всего при использовании подземных источников воды. Однако при установке водоподогревателя в одном из жилых домов Автозаводского района г. Тольятти, где используется поверхностный источник воды, то есть более мягкая вода, проблема зарастания оборудования в равной степени оказалась актуальной.

Данная работа выполнена на кафедре Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение в Тольяттинском Государственном Университете в период с 2017-2019 гг.

Целью диссертационной работы стало определение факторов, отрицательно влияющих на оборудование системы горячего водоснабжения в жилом доме Автозаводского района г. Тольятти при переходе на закрытую

систему водоснабжения, и разработка рекомендаций по совершенствованию систем горячего водоснабжения.

Для достижения указанной цели выделены следующие задачи:

1. Анализ существующих схем и систем теплоснабжения.
2. Анализ закрытых систем горячего водоснабжения, в том числе в жилом доме, расположенном в Автозаводском районе г. Тольятти.
3. Выявление причин образования отложений в системе горячего водоснабжения жилого дома, расположенного в Автозаводском районе г. Тольятти.
4. Разработка рекомендаций по совершенствованию систем горячего водоснабжения.

Научная новизна данной работы заключается:

- в выявлении общих причин образования отложений в закрытых системах горячего водоснабжения;
- в выявлении конкретных причин образования отложений в системе горячего водоснабжения жилого дома, расположенного в Автозаводском районе г. Тольятти;
- в разработке рекомендаций по совершенствованию систем горячего водоснабжения из поверхностных источников.

Практическая значимость заключается:

В применении рекомендаций по совершенствованию систем горячего водоснабжения из поверхностных источников в отношении жилого дома, расположенного в Автозаводском районе г. Тольятти.

На защиту выносятся:

- результаты анализа существующих схем и систем теплоснабжения;
- описание причин образования отложений в системе горячего водоснабжения жилого дома Автозаводского района г. Тольятти;
- рекомендации по совершенствованию систем горячего водоснабжения.

Апробация работы. Результаты и основные положения работы были доложены на следующих конференциях:

Научно-практическая конференция «Студенческие дни науки в ТГУ»
(г. Тольятти, 2018)

Научно-практическая конференция «Студенческие дни науки в ТГУ»
(г. Тольятти, 2019)

Публикации:

По теме диссертации опубликовано 2 статьи.

Структура диссертации:

Диссертация включает в себя: введение, три главы, заключение, библиография из 40 наименований. Объем диссертации составляет 90 страниц машинописного текста, включая 4 таблицы, 29 рисунков.

Глава 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

«Система горячего водоснабжения – комплекс инженерных устройств для приготовления, аккумуляции и подачи воды к потребителю» [1].

Обеспечение водой с должным показателем температуры жилого или производственного помещения является главной функцией этой системы. При этом необходимо учитывать качество жидкости, характеристики ее давления в трубах и способ повышения температуры до требуемого показателя.

«Получить горячую воду можно от централизованного источника или индивидуального. В первом случае нагретая вода поступает в жилые дома и организации по тепловой магистрали, а во втором используются персональные водонагреватели для подъезда, частного дома или отдельной квартиры» [2].

Как правило, для нагрева сетевой воды источником тепла выступают тепловые станции, котельные. Данный способ позволяет произвести прокачку больших объемов воды, поэтому централизованные тепловые сети применяется для снабжения многоквартирных домов и целых микрорайонов. По способу извлечения тепла от магистрали системы ГВС делятся на открытые и закрытые.

Согласно [3] «Закрытая система теплоснабжения – система теплоснабжения, при которой вода для горячего водоснабжения нагревается в водонагревателях (бойлерах)» [3].

По [3] «Открытая система теплоснабжения - система теплоснабжения с непосредственным разбором воды из тепловой сети на горячее водоснабжение» [3].

В источнике [3] представлено следующее определение «Система теплоснабжения с отдельными сетями горячего водоснабжения - характеризуется непосредственным нагревом воды централизованного

хозяйственно-питьевого водоснабжения при отсутствии связи между системами отопления и горячего водоснабжения» [3].

Системы ГВС многоквартирных домов, как правило, относятся к открытому типу. То есть водоразбор горячей воды ведётся непосредственно из тепловой сети. Качество воды в такой схеме обязательно должно соответствовать питьевой. Однако в условиях повышенной температуры состав горячей воды имеет свои специфические особенности:

- Коррозионные процессы. Естественные коррозионные процессы в системе ГВС из-за воздействия высоких температур сами по себе проходят более интенсивно, чем в ХВС. Кроме того, коррозию усиливает растворённый в воде кислород и углекислота, способствующее также образованию воздушных пробок в системе. На некоторых участках можно встретить смешанный монтаж чёрнометаллических труб с оцинкованными. Вследствие создания гальванической пары происходит ускоренное разрушение противокоррозионного покрытия.
- Образование отложений. Обычно вода, попадающая в системы ГВС, обязательно проходит стадию умягчения во избежание образования накипи на внутренних поверхностях оборудования и трубопровода. Однако, шлам или отложения, образуются в процессе осаждения продуктов коррозии и остаточных минеральных соединений. Постепенно они приводят к зарастанию трубопровода и ухудшению циркуляции воды.
- Механические примеси. Частицы нерастворимых механических примесей существенно ухудшают качество горячей воды: образуют мутность, ухудшают её цветность, привкус и запах.

Достоинства закрытой системы [4]:

- высокие санитарно-гигиенические органолептические и бактериологические показатели качества воды, поступающей в систему ГВС МКД из централизованной системы холодного водоснабжения и нагреваемой в теплообменниках-бойлерах тепловых пунктов МКД;
- относительная несложность автоматизации поддержания температуры воды в системе ГВС в пределах нормативных величин - не ниже 60 и не выше 75°C;
- низкая стоимость устройств для подготовки малого количества подпиточной воды теплосети на источниках теплоснабжения.

Недостатки закрытой системы [4]:

- ограничение возможностей использования низкопотенциальных источников тепла на ТЭЦ и недостаточно высокий КПД водонагревателей приводят к пониженной энергетической эффективности системы;
- сложности с противонакипной и противокоррозионной обработкой в тепловых пунктах горячей воды, поступающей в систему ГВС и, как следствие, повышенная коррозия металла и большие отложения в оборудовании ГВС;
- высокая стоимость бойлеров-подогревателей ГВС и связанного с ним оборудования тепловых пунктов МКД, в том числе для очистки воды, а также стоимость их обслуживания и ремонта;
- бойлер-подогреватель ГВС – один из самых ненадежных и сложных в обслуживании элементов в системе теплоснабжения;
- необходимость иметь квалифицированный персонал для обслуживания и ремонта бойлеров-подогревателей ГВС и связанного с ним оборудования тепловых пунктов МКД, в том числе для очистки воды, что в условиях ЖКХ не всегда достижимо.

Достоинства открытой системы [4]:

- высокая энергетическая эффективность благодаря возможности использования низкопотенциальных источников теплоты, в т.ч. отработанного пара турбин ТЭЦ для нагрева воды системы теплоснабжения;
- возможность выполнения централизованной высокоэффективной противонакипной и противокоррозионной обработки подпиточной сетевой воды на источниках теплоснабжения (ТЭЦ и крупных котельных) и, как результат, низкая коррозия металла и отложений в трубах всей системы теплоснабжения, в том числе в системах отопления и ГВС потребителей;
- относительно низкая стоимость оборудования местных тепловых пунктов потребителей.

Недостатки открытой системы [4]:

- сложность поддержания гидравлического режима ввиду разности расходов воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети (данная проблема решается путем применения современных систем автоматического регулирования режима);
- сложность поддержания санитарно-гигиенических показателей качества воды, поступающей в систему ГВС загрязненной из трубопроводов тепловой сети, в том числе системы отопления;
- сложность поддержания температуры воды в системе ГВС в пределах нормативных величин - не ниже 60 и не выше 75°C при возможном изменении температуры воды, поступающей в теплосеть от источников теплоснабжения, в зависимости от температуры наружного воздуха в пределах от 70 до 150°C (в зимний период) (этот недостаток может быть устранен применением современных систем автоматического регулирования температуры горячей воды).

- высокая стоимость противонакипной и противокоррозионной обработки подпиточной воды теплосети на источниках теплоснабжения.

Если же речь идет о локальной, отдельной сети теплоснабжения и горячего водоснабжения, решение принимается исходя из качества воды и его соответствия санитарно-гигиеническим требованиям, а также экономическим преимуществам, которые дает в конкретном случае выбранная система.

Согласно [5] «Системы горячего водоснабжения (ГВС) в отличие от других инженерных сооружений (СО, ХВС и К) оказываются меньше всех безаварийными и долговременными. В то время как срок службы зданий составляет примерно 50–100 лет, а СО, ХВС и К – 20–25 лет, для ГВС при замкнутой системе горячего водоснабжения и создании коммуникаций из стальных труб без покрытий по факту срок службы не превышает 10 лет, а в отдельных случаях 2–3 года» [5, гл.3.7.3]. В книге [5, гл.3.7.3] так же описываются негативные последствия результата коррозии.

Согласно [5] «Одна из основных причин, влияющих на состояние систем ГВС – высокая коррозионная активность нагретой водопроводной воды. Согласно исследованиям ВТИ, коррозионная активность воды независимо от источника водоснабжения (из реки или скважины) характеризуется следующими основными показателями: индексом равновесного насыщения воды карбонатом кальция, содержанием растворенного кислорода и суммарной концентрацией хлоридов и сульфатов. Ранее в отечественной литературе не приводилась классификация нагретой водопроводной воды по коррозионной активности в зависимости от показателей исходной воды» [5, гл.3.7.3].

Автор обращает внимание, что при оценке коррозионной активности поверхностных вод необходимо учитывать изменчивость их состава в

течение года. Для более основательного мониторинга следует пользоваться данными не единичных, а возможно большего числа анализов воды, выполненных в разные сезоны за 1 – 2 последних года.

Согласно [5] «В том случае, когда в одном городе есть несколько источников питьевой воды, интенсивность и массовость коррозионных повреждений систем ГВС могут быть различными. Так, например, в Киеве имеются три источника водоснабжения: р. Днепр, р. Десна и артезианские скважины. Наиболее сильной коррозии подвержены системы ГВС в районах города, снабжаемых коррозионной днепровской водой, в меньшей степени – системы, эксплуатируемые на слабокоррозионной деснянской воде, и в еще меньшей степени – на артезианской воде. Наличие районов в городе с разной коррозионной характеристикой водопроводной воды сильно затрудняет организацию противокоррозионных мероприятий как на стадии проектирования, так и в условиях эксплуатации систем ГВС» [5, гл.3.7.3].

В книге [6, с. 292-297] рассматриваются методы защиты местных установок ГВС от коррозии, шлама и накипи. В связи с невысокой температурой ГВС (60°С) защита установок горячего водоснабжения от коррозии и зашламления может проводиться сравнительно простыми средствами без сооружения сложных и дорогостоящих установок для умягчения и деаэрации воды, которые необходимы при высоких температурах подогрева воды. В данной книге так же описаны случаи, когда есть опасность образования накипи и зашламления, и когда её нет, соответственно для каждого случая подбирается индивидуально метод защиты установок.

Для понятия отличий коррозии, накипи и шлама необходимо ввести определения.

Согласно [7] «Коррозия – это разрушение материала, начинающееся на его поверхности и прогрессирующее в результате химических или электрохимических реакций» [7].

Накипь – твёрдые отложения, образующиеся на тех поверхностях, на которых происходит нагревание (кипение, испарение) воды с растворёнными солями жесткости. При нагреве воды соли, содержащиеся в ней, разлагаются на углекислый газ и нерастворимый осадок.

Шлам – нерастворимые отложения в виде ила и твёрдого осадка.

Основной причиной образования в котле накипи и шлама является выделение в твердое состояние растворенных в этой воде солей, когда концентрация этого соединения превышает его максимальную растворимость в воде.

В [7, с 14-22] приведены свойства и требования к горячей воде.

В [7, гл. 1.2] определяют влияние температуры горячей воды на коррозию, а также выпадение осадка и камня: «При эксплуатации множества систем ГВС подтверждается факт, что коррозия усиливается вместе с повышением температуры воды» [7].

Более подробно причины коррозионных процессов описываются в [7].

Среди основных факторов, влияющих на коррозию, выделяют следующие: кислород, растворенный свободный оксид углерода, растворенные соли, концентрация ионов водорода, температура.

В таблице 1.1 представлено начало процесса образования накипи в зависимости от времени подогрева и карбонатной жесткости подогреваемой воды.

Таблица 1.1 – Образование накипи в устройствах приготовления горячей воды

| Карбонатная жесткость, °d | Время до начала образования камня, ч, при температуре воды | | | | |
|---------------------------|--|-------|-------|-------------|-------|
| | 30 °C | 40 °C | 50 °C | 60 °C | 80 °C |
| 7,0 | 120 | 48 | 24 | Моментально | |
| 10,0 | 120 | 24 | 5 | Моментально | |

| | | | | |
|------|-----|----|---|-------------|
| 15,0 | 120 | 24 | 1 | Моментально |
| 16,0 | 120 | 24 | 1 | Моментально |
| 17,0 | 120 | 24 | 1 | Моментально |

«По данным вышепредставленной таблицы четко видно, что критическая температура начала появления камня равна 50 °С» [7].

«Для оценки коррозионности воды вводят Индекс Лангелера J:

Если $J < 0$, то вода коррозионна, но нет тенденции к выпадению осадка карбоната кальция. Если $J = 0$, то вода стабильна и нет тенденции к созданию осадка оксида углерода и при этом вода не имеет коррозионного характера. Если $J > 0$, то вода некоррозионна, но при этом вода нестабильна – имеет склонность к выпадению осадка карбоната кальция» [7]. Классификация коррозионной активности воды при температуре около 60 °С в стальных трубопроводах представлена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Классификация воды по коррозионной активности

| Группа воды | Вода | Показатель насыщения | Концентрация в холодной воде, мг/дм ³ | | Коррозионная характеристика нагретой воды (при 60 °С) |
|-------------|---------------|----------------------|--|--|---|
| | | | O ₂ | Cl ⁻ +SO ₄ ²⁻ | |
| I | Поверхностная | $J \leq -1,0$ | 10...14 | ≤ 50 | Сильнокоррозионная |
| | Поверхностная | $-1,0 < J \leq 0$ | 10...14 | > 50 | |
| II | Поверхностная | $-1,0 < J \leq 0$ | 10...14 | ≤ 50 | Коррозионная |
| | Поверхностная | $J > 0$ | 10...14 | > 50 | |
| | Подземная | $J > 0$ | | > 50 | |
| III | Поверхностная | $J > 0$ | 10...14 | < 50 | Слабоккоррозионная |
| IV | Подземная | $J > 0$ | 2...4 | < 50 | Некоррозионная |

Авторы статьи [8] так же рассматривают влияние на коррозию и накипеобразование содержания в воде таких веществ как: растворенные газы, среди которых на первом месте кислород, растворенные соли и взаимовлияние сульфата кальция и pH воды на накипеобразование. В заключении данной работы представлены пути предотвращения коррозии и накипи.

Аналогичные причины коррозии и солеотложений рассматриваются в источниках [9, 10, 11].

В диссертации [12] рассматривается разработка комплекса экологически безопасных методов борьбы с коррозией: на примере защиты подземных трубопроводов тепло- и водоснабжения.

В данной диссертации решался конкретный ряд проблем: от разработки методов защиты от коррозии до создания экологически безопасных методов подавления жизнедеятельности коррозионно-активных микроорганизмов.

В статье [13] так же рассматриваются виды коррозии пластинчатых теплообменников и основные параметры, которые влияют на коррозию теплообменников и материала пластин во время эксплуатации аппарата, а также предложен метод борьбы с коррозией.

В источнике [14] рассматриваются методические указания по водоподготовке и водно-химическому режиму водогрейного оборудования и тепловых сетей.

Порядок проведения определения технического состояния систем теплоснабжения, горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и водоотведения описан в [15] «Техническое освидетельствование трубопроводов, зарегистрированных в органах Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), проводится специалистами специализированных организаций, имеющих лицензию Ростехнадзора на осуществление деятельности по экспертизе промышленной безопасности технических устройств, применяемых на различных объектах» [15].

Согласно [15] интенсивность коррозии 1-й группы считается безопасной. «При интенсивности коррозии 2-й группы выявляются причины коррозии и разрабатываются мероприятия по их устранению. При интенсивности коррозии 3-й и 4-й групп рекомендуется запрещать

эксплуатацию трубопровода до устранения причин, вызывающих интенсивную внутреннюю коррозию» [15].

Различные исследования по способам очистки воды как метода защиты установок систем горячего водоснабжения проводятся и за рубежом.

В источнике [16] рассматривается применение нанотехнологий в водных исследованиях, а именно: для очистки вод. Использование комбинированного действия наночастиц и плазмы на сегодняшний день по данным исследованиям является наиболее дешевым, эффективным и новым методом очистки воды.

По мнению автора, в настоящее время по-прежнему существует потребность в разработке эффективных, дешевых и экологически чистых методов очистки воды от органических и прочих загрязнений.

Очистка воды с использованием наночастиц в настоящее время является предметом интенсивных научных исследований. Автор описывает традиционные методы получения наночастиц и обращает внимание, что значительный интерес вызвали железные наночастицы. Однако традиционные процессы получения наночастиц обычно требуют длительного времени или имеют высокую стоимость. Поэтому альтернативой этим методам служит новый метод получения наночастиц - использование плазменной технологии для производства наночастиц. Плазменные методы эффективно сочетают свойства ультрафиолетового (УФ) излучения, активных химических веществ и высоких электрических полей, которые содержат свободные заряды (электрон, ионы), свободные радикалы, возбужденные молекулы и УФ-фотон и генерируют переходные электрические поля.

Особое внимание обращается на то, что помимо применения к препарату наночастиц сама плазма служит как самостоятельное средство для очистки воды: это достаточно перспективный и альтернативный метод

очистки воды. Автор выделяет такую особенность как то, что все виды органических материалов разлагаются из-за активных видов, образующихся в плазме.

Таким образом в дальнейшем современные проблемы водоподготовки могут быть решены с помощью комбинации наночастиц и плазменного подхода.

1.1 Особенности систем теплоснабжения в России и зарубежных странах

Согласно [17] «Россия относится к странам с высоким уровнем централизации теплоснабжения, что обусловлено технической политикой Советского Союза. Энергетическое, экологическое и техническое преимущество централизованного теплоснабжения над автономным в условиях монополии государственной собственности считалось априорным. Автономное и индивидуальное теплоснабжение отдельных домов было выведено за рамки энергетики и развивалось по остаточному принципу» [17].

Согласно [18] «В России, в коммунальном секторе и на промышленных предприятиях исторически наибольшее распространение получило централизованное снабжение горячей водой» [18].

Согласно [18] «В коммунальном комплексе наиболее распространены схемы производства горячей воды с водоводяными подогревателями, входящими в состав ЦТП или ИТП. Причем, схема ГВС с ИТП считается более перспективной в отношении энергосбережения» [18].

Согласно [18] «Обязательные профилактические работы на ЦТП диктуются необходимостью устранения последствий коррозии и образования накипи в подогревателях и трубопроводах. Профилактика проводится по окончании отопительного сезона, как правило, летом, однако на все это

время потребитель лишается горячей воды. Если в закрытой системе теплоснабжения передача тепла с первичного теплоносителя происходит не в ЦТП, а на ИТП, то длительных перебоев в обеспечении ГВС удастся избежать» [18].

Согласно [18] «В отличие от ЦТП, обслуживающих от двух зданий и более, к ИТП присоединяются системы отопления, вентиляции, ГВС и технологических теплоиспользующих установок только одного здания или даже его части. Для передачи тепла с первичной сети ИТП, как правило, комплектуются разборными или паяными пластинчатыми теплообменниками, которые компактнее, эффективнее, а также менее, чем кожухотрубные, подвержены коррозии и формированию отложений. Процесс чистки пластинчатых теплообменников ИТП занимает во много раз меньше времени (несколько часов в год), чем профилактические работы на ЦТП (до 30 суток в год), и, как следствие, не происходит перебоев в обеспечении ГВС потребителя» [18].

Согласно [18] «Системы с ИТП обходятся дешевле за счет снижения капитальных затрат на строительство ЦТП, требующих отдельного строения. Для современных малогабаритных ИТП не обязательно даже иметь специально оборудованное помещение. Снижаются капитальные затраты и за счет замены четырехтрубной (для ЦТП) на двухтрубную подводку к зданию, так как ГВС готовится на ИТП, размещенном непосредственно в самом здании. По той же причине исключаются теплопотери в наружных сетях ГВС. Появляются дополнительные удобства для потребителя. Организация системы теплоснабжения здания с ИТП, оснащенного современной погодозависимой автоматикой, позволяет отапливаться в более гибком и экономичном режиме. Практически полностью исключаются так называемые «недотопы» и «перетопы». ИТП могут применяться не только при

организации систем теплоснабжения вновь возводимых объектов, но и при реконструкции зданий» [18].

Однако не многие согласятся с автором [18] о том, что организация индивидуальных тепловых пунктов более выгодна, чем центральных тепловых пунктов. Данное мнение спорное и требует в конкретном случае технико-экономических расчетов, подтверждающих верность того или иного суждения.

Согласно [19] «Одной из проблем теплоснабжения в Российской Федерации является снижение теплоотдачи отопительных приборов и теплообменных аппаратов из-за накопления окислов и солей металлов» [19].

Согласно [19] «Накипь создает термическое сопротивление теплоносителю, что ведет к снижению теплоотдачи, а это, в свою очередь, приводит к ухудшению комфортных условий для проживания жильцов. Поскольку теплопроводность накипи в 40 раз ниже теплопроводности металла в системах отопления, отложения толщиной всего 1 мм снижают теплоотдачу на 15 %» [19].

Согласно [19] «Существует множество методов для профилактических работ по поддержанию теплового оборудования в рабочем состоянии. Как правило, к данным методам относятся различные виды промывки. Главное ограничение по применению состоит в том, что методы можно использовать только в межсезонный период, когда теплоноситель не подается в теплоцентрали. В среднем по России этот период длится всего 3-5 месяцев. В северных территориях России осенне-зимний период заканчивается в конце июня и начинается в середине сентября. Помимо усовершенствования метода промывки внутридомовых тепловых сетей и теплообменного оборудования большое значение имеет реагент, которым промывается объект. В настоящее время шлак удаляется при помощи химической промывки с использованием кислотных и щелочных реагентов. Помимо экологической опасности данные

реагенты негативно влияют на трубы, так как вступают в реакцию с металлом, что приводит к его разрушению» [19].

Автор источника [20] обращает внимание, что инновационной системой, которую пытаются внедрить зарубежные производители, является квартирные ИТП. Но данный тип ИТП широко еще не распространен в России.

«В настоящее время энергетические предприятия (ТЭЦ, котельные, мусоросжигательные станции и др.) стран Северной Европы поставляют приблизительно 100 ТВт·ч в год теплоты для отопления и горячего водоснабжения. Это превышает 35% рынка тепла для отопления и горячего водоснабжения в этих странах. Наиболее эффективным и прибыльным централизованное теплоснабжение оказывается в регионах с высоким удельным энергопотреблением» [21].

«Для успешной работы системы централизованного теплоснабжения необходим как рынок сбыта, так и «дешевый местный источник энергии», которым может быть теплота, вырабатываемая вместе с электричеством (Дания и Финляндия), геотермальная энергия (Исландия), сбросное тепло мусоросжигательных заводов (Норвегия) или комбинация различных источников энергии (Швеция)» [21].

«Анализ развития систем теплоснабжения в странах Северной Европы показывает, что основными направлениями повышения эффективности теплофикации являются: использование комбинированной выработки теплоты и электрической энергии, а также парогазового цикла на источниках теплоснабжения; использование теплоты мусоросжигательных заводов; применение предварительно изолированных труб при прокладке или реконструкции трубопроводов централизованного теплоснабжения; снижение верхней температуры теплоносителя до 100–110°C» [21].

«Децентрализованный или локальный способ теплоснабжения целесообразно применять для небольших населенных пунктов или поселков и мест с низкой концентрацией населения, отдаленных от мощных источников теплоты. Для крупных городов преимущества в применении именно централизованного способа несомненны, особенно в районах плотной городской застройки» [21].

«Наибольшие преимущества централизованной системы теплоснабжения с широким применением комбинированного способа производства энергии проявляются в использовании замкнутого технологического цикла – начиная от производства тепла вплоть до распределения его между конечными потребителями. Понятие «замкнутость цикла» в первую очередь включает в себя неразрывность всех звеньев процесса производства и распределения тепловой энергии путем их объединения и единого управления» [21].

«Гибкость системы, которая функционирует по замкнутому технологическому циклу, предусматривает надежность управления энергопотоками. Неразрывность системы управления режимами работы теплофикационного оборудования в этом случае обеспечивается координацией из единого диспетчерского центра согласованной общей работы теплоэлектростанций, котельных и насосных станций тепловых сетей» [21].

«Замкнутый технологический цикл позволяет обеспечить внедрение единой технической политики развития теплоснабжения потребителей, согласовать проведение ремонтных работ и реконструкции тепловых сетей с ремонтами теплоисточников и внутренних теплосетей потребителей» [21].

«За рубежом поддержание взаимоотношений производителя со всеми потребителями теплоты позволяет проводить единую политику в вопросах энергосбережения, которая, с одной стороны, снижает общее

теплоснабжение в целом, освобождает мощности теплоисточников для присоединения дополнительных потребителей, а с другой стороны, уменьшает количество случаев нерационального использования теплоты» [21].

Согласно [17] «Обращаясь к опыту технически развитых стран Европы, следует отметить, что специфика теплоснабжения в них неоднородна. Италия, Испания, Франция отдают приоритет поквартирному теплоснабжению с настенными газовыми котлами. В Германии, Англии, Бельгии, Австрии наряду с поквартирными системами теплоснабжения активно развиваются автономные домовые котельные. Страны Восточной Европы сохранили высокий удельный вес централизованного теплоснабжения. Скандинавские страны, особенно Дания, сокращают индивидуальное отопление в пользу централизованных источников средней мощности» [17].

1.2 Анализ способов подключения систем горячего водоснабжения

Основные положения по проектированию и строительству ЦТП и ИТП собраны в «Своде правил по проектированию и строительству. Проектирование тепловых пунктов» (СП-41-101-95).

Согласно СП-41-101-95, существует несколько вариантов подключения систем горячего водоснабжения по закрытой и открытой схеме.

Согласно [22] «Схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения (рис. 1.1 – 1.8) в закрытых системах теплоснабжения выбирается в зависимости от соотношения максимального потока теплоты на горячее водоснабжение Q_{hmax} и максимального потока теплоты на отопление $Q_{o max}$ » [22]:

$$0,2 \geq \frac{Q_{hmax}}{Q_{o max}} \geq 1 - \text{одноступенчатая (рис. 1.1, 1.7)}$$

$$0,2 < \frac{Q_{h\max}}{Q_{o\max}} < 1 - \text{двухступенчатая (рис. 1.2 – 1.6, 1.8)}$$

Согласно своду правил «При этом для схем, указанных на рис. 1.1 – 1.6, предусматривается автоматическое ограничение максимального расхода воды из тепловой сети на ввод и регулирование расхода теплоты на отопление» [22].

Согласно [22] «В случае, если регулятор расхода теплоты на отопление отсутствует применяются схемы, указанные на рис. 1.7 и 1.8. Тогда стабилизация расхода воды на отопление осуществляется регулятором перепада давлений (поз. 4)» [22].

Согласно [22] «На рис. 1.2 и 1.4 указаны схемы с ограничением максимального расхода воды на ввод для жилых и общественных зданий с присоединением их к тепловым сетям через ЦТП и с максимальным тепловым потоком на вентиляцию $Q_{v\max}$ не более 15 % максимального теплового потока на отопление $Q_{o\max}$. Для данных схем при определении максимального расхода теплосетевой воды на узел ввода требуется определять, исходя из максимальных тепловых нагрузок на отопление и вентиляцию и средней тепловой нагрузки на горячее водоснабжение в средние сутки за неделю отопительного периода Q_{hm} . Подачу теплоносителя при необходимости следует ограничивать для этих схем прикрытием клапана, который регулирует расход теплоносителя на отопление и вентиляцию в подающем трубопроводе» [22].

Согласно [22] «На рис. 1.1 и 1.3 указаны схемы с ограничением максимального расхода воды на узел ввода для производственных зданий и для общественных зданий с присоединением их к тепловым сетям через ЦТП, а так же с тепловым потоком на вентиляцию и кондиционирование воздуха $Q_{v\max}$ более 15 % максимального теплового потока на отопление $Q_{o\max}$, при определении максимального расхода воды из тепловой сети на

узел ввода следует исходить из максимальных тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение: Q_{hmax} – в случае, если отсутствуют баки-аккумуляторы на горячее водоснабжение или средний тепловой поток на горячее водоснабжение, Q_{hm} — в случае, если баки-аккумуляторы имеются в наличии. Подачу теплоносителя на узле ввода при необходимости следует ограничивать прикрытием клапана, который регулирует расход теплоносителя, поступающего в водоподогреватель горячего водоснабжения» [22].

Согласно [22] «В ИТП возможно применение схем, указанных на рис. 1.1, 1.2, 1.4, при условии, что подающий трубопровод системы вентиляции будет иметь подключение до клапана, регулирующего расход теплоносителя на отопление» [22].

В СП указано «Двухступенчатые схемы присоединения систем горячего водоснабжения представлены на рис. 1.5 и 1.6.» [22].

Согласно [22] «Автоматическое регулирование подачи теплоты на отопление в ИТП может быть применено также для одноступенчатой схемы присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения по рис.1.1» [22].

Согласно [22] «Водоподогреватель в одноступенчатой схеме может работать по предвключенной схеме, при этом переключатель с задвижкой А открыт в отопительный период при соотношении $\frac{Q_{hmax}}{Q_{o max}} < 0,2$ а переключатель с задвижкой Б необходима для работы в летний период. Водоподогреватель работает в течение всего года по параллельной схеме, если выполняется соотношение $\frac{Q_{hmax}}{Q_{o max}} > 1$, переключатель с задвижкой А не требуется (рис. 1.7). Для

двухступенчатой схемы для жилых и общественных зданий, представленной на рис. 1.8, при максимальной тепловой нагрузке на вентиляцию менее 15% максимальной тепловой нагрузки на отопление водоподогреватель 2-й ступени в отопительный период работает через переключатель с задвижкой А

(предвключенная схема), а перемычка с задвижкой Б необходима для работы в летний период. В случае, если данная схема применяется в производственных зданиях или на группу общественных зданий с тепловой нагрузкой на вентиляцию более 15% тепловой нагрузки на отопление установка перемычки с задвижкой А в схеме на рис. 1.8 не требуется, водоподогреватель работает по перемычке с задвижкой Б по смешанной схеме в течение всего года» [22].

Согласно [22] «Приведенные схемы присоединения потребителей теплоты к тепловым сетям не охватывают всех возможных вариантов. Могут применяться также другие схемы присоединения потребителей теплоты к тепловым сетям, обеспечивающие минимальный расход воды в тепловых сетях, экономию теплоты за счет применения регуляторов расхода теплоты и ограничителей максимального расхода сетевой воды, корректирующих насосов или элеваторов с автоматическим регулированием, снижающих температуру воды, поступающей в системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха» [22].

Согласно [22] «Независимо от соотношения тепловых нагрузок систем горячего водоснабжения и отопления, если теплоснабжение осуществляется от котельной мощностью 35 МВт и менее, а так же при технико-экономическом обосновании допускается присоединение к тепловым сетям водоподогревателей систем горячего водоснабжения по одноступенчатой схеме (рис. 1.1 и 1.7)» [22].

Согласно [22] «При двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей систем горячего водоснабжения с принудительной циркуляцией воды циркуляционный трубопровод рекомендуется присоединять к трубопроводу нагреваемой воды между водоподогревателями I и II ступеней, а при параллельной схеме

присоединения – к трубопроводу холодной водопроводной воды или к трубопроводу нагреваемой воды между секциями водоподогревателя» [22].

Согласно [22] «Горячее водоснабжение в открытых системах теплоснабжения должно присоединяться к подающему и обратному трубопроводам двухтрубных водяных тепловых сетей через регулятор смешения воды (рис. 1.9) для подачи в систему горячего водоснабжения воды заданной температуры» [22].

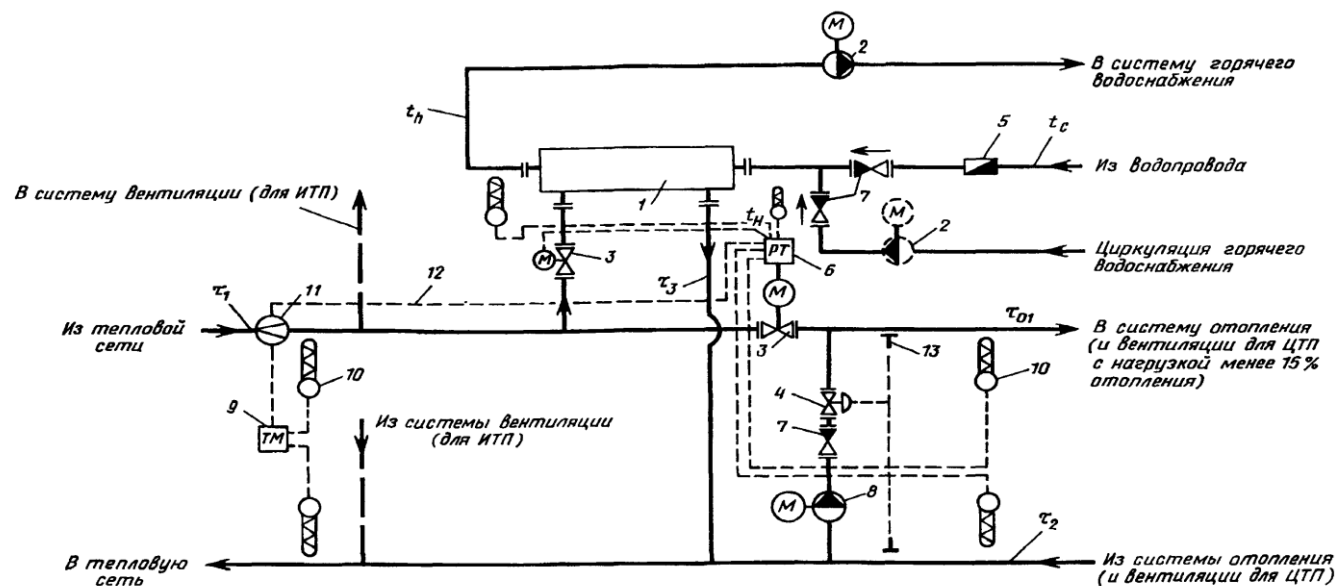
Согласно [22] «В открытых системах теплоснабжения циркуляционный трубопровод системы горячего водоснабжения рекомендуется присоединять к обратному трубопроводу тепловой сети после отбора воды в систему горячего водоснабжения (рис. 1.9, а); при этом на трубопроводе между местом отбора воды и местом подключения циркуляционного трубопровода должна предусматриваться диафрагма, рассчитанная на гашение напора, равного сопротивлению системы горячего водоснабжения в циркуляционном режиме» [22].

Согласно [22] «Если в открытых системах горячего водоснабжения давление в обратном трубопроводе тепловой сети недостаточно для подачи воды в систему горячего водоснабжения, то на трубопроводе горячей воды после регулятора смешения необходима установка повысительно-циркуляционного насоса (рис. 1.9, б). В данном случае применение диафрагмы, предусмотренной п. 3.25, не требуется» [22].

Согласно [22] «В тепловых пунктах следует применять водяные горизонтальные секционные кожухотрубные или пластинчатые водоподогреватели либо паровые горизонтальные многоходовые водоподогреватели» [22].

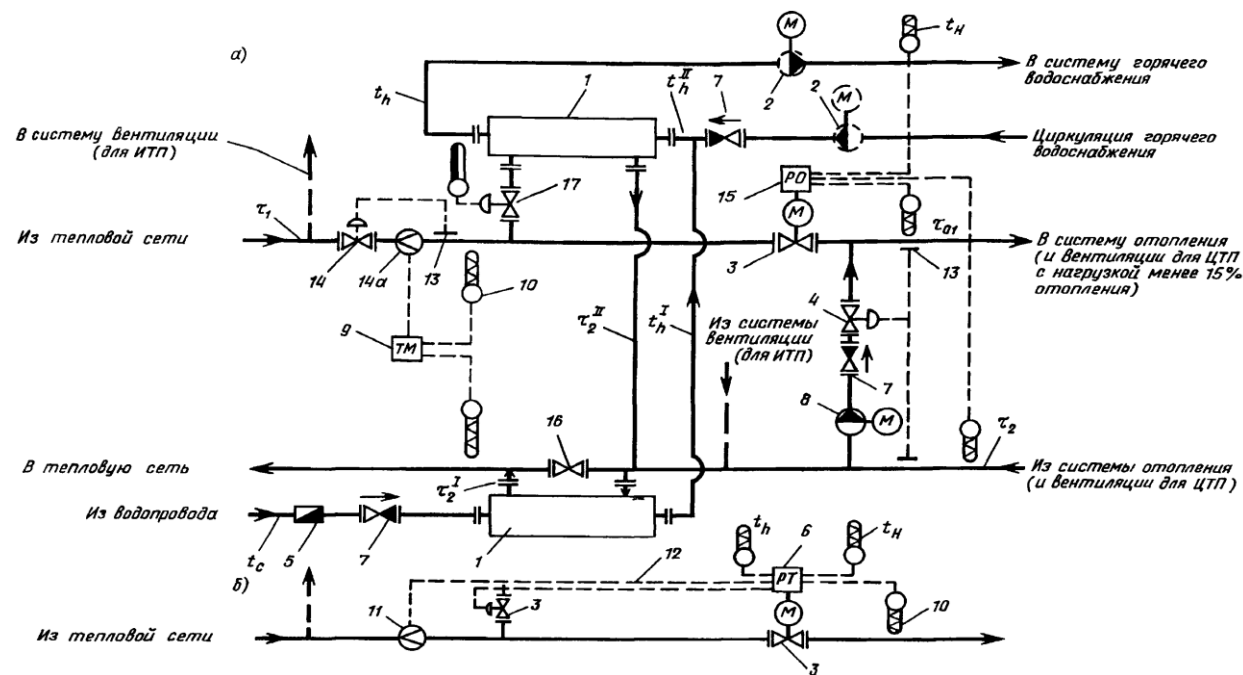
Согласно [22] «Для водоводяных подогревателей следует принимать противоточную схему потоков теплоносителей. Для горизонтальных секционных кожухотрубных водоподогревателей греющая вода из тепловой

сети должна поступать: для водоподогревателей систем отопления – в трубки, для водоподогревателей систем горячего водоснабжения – в межтрубное пространство. Для пластинчатых теплообменников нагреваемая вода должна проходить вдоль первой и последней пластин. Для пароводяных подогревателей пар должен поступать в межтрубное пространство» [22].



«1 – водоподогреватель горячего водоснабжения; 2 – повысительно-циркуляционный насос горячего водоснабжения (пунктиром – циркуляционный насос); 3 – регулирующий клапан с электроприводом; 4 – регулятор перепада давлений (прямого действия); 5 – водомер для холодной воды; 6 – регулятор подачи теплоты на отопление, горячее водоснабжение и ограничения максимального расхода сетевой воды на ввод; 7 – обратный клапан; 8 – корректирующий подмешивающий насос; 9 – теплосчетчик; 10 – датчик температуры; 11 – датчик расхода воды; 12 – сигнал ограничения максимального расхода воды из тепловой сети на ввод; 13 – датчик давления воды в трубопроводе.

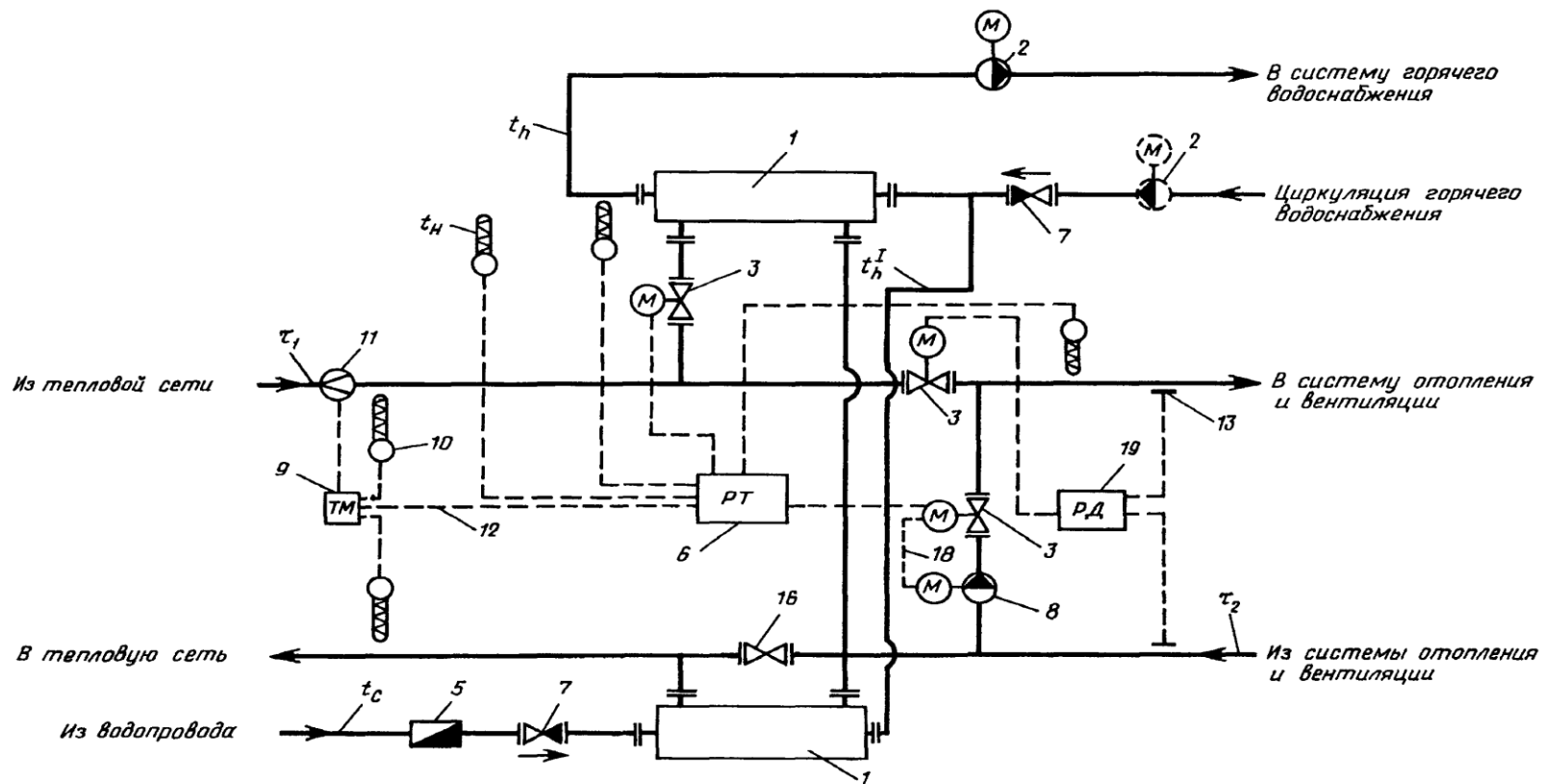
Рисунок 1.1 – Одноступенчатая система присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения с автоматическим регулированием расхода теплоты на отопление и зависимым присоединением систем отопления в ЦТП и ИТП» [22]



«1 – 13 – см. рис. 1.1; 14 – регулятор ограничения максимального расхода воды на ввод (прямого действия); 14а – датчик расхода воды в виде сужающего устройства (камерная диафрагма); 15 – регулятор подачи теплоты на отопление; 16 – задвижка, нормально закрытая; 17 – регулятор подачи теплоты на горячее водоснабжение (прямого действия)

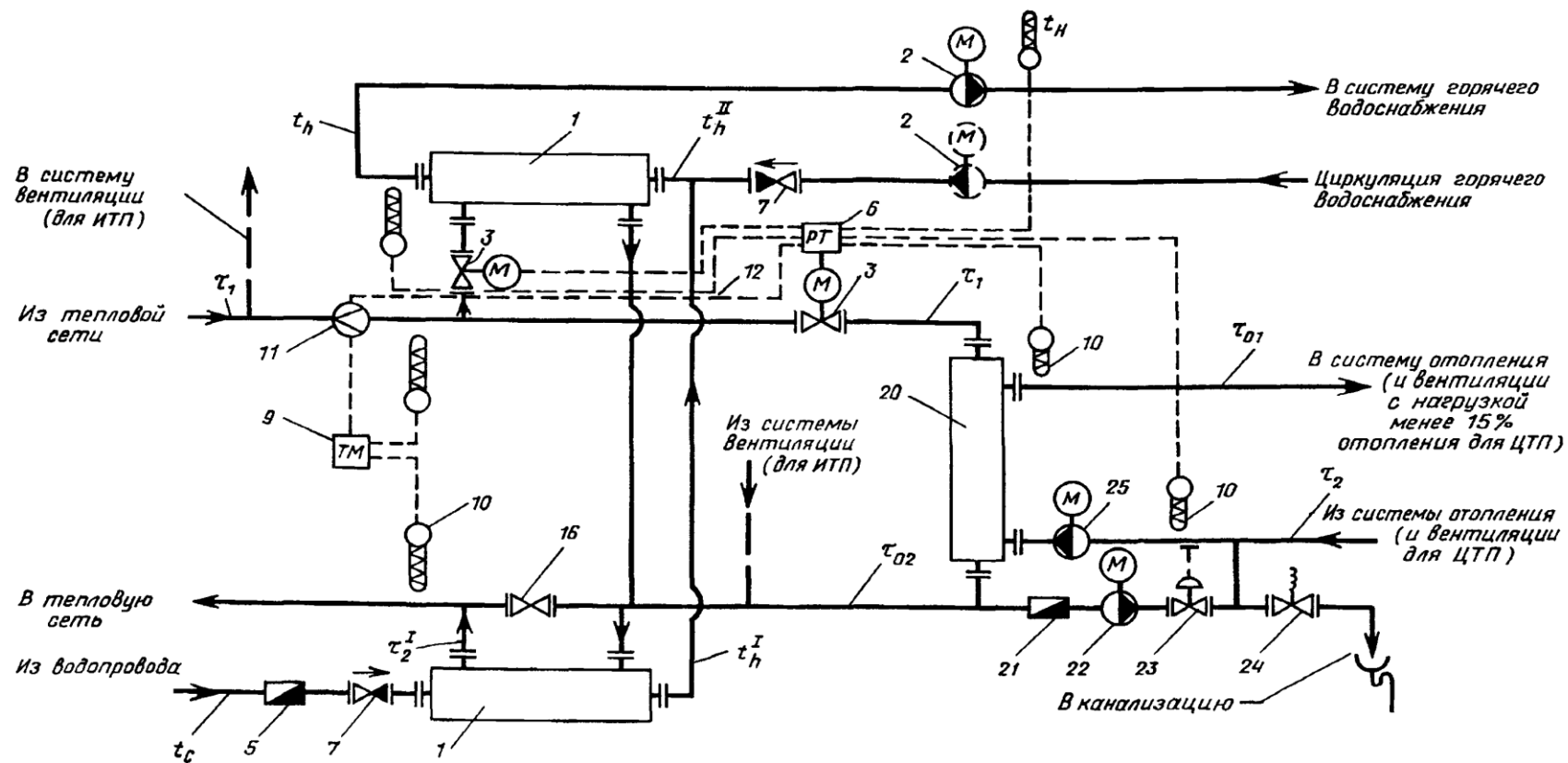
Рисунок 1. 2 – Двухступенчатая схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения для жилых и общественных зданий и жилых микрорайонов с зависимым присоединением систем отопления в ЦТП и ИТП:

а – схема с самостоятельным регулятором ограничения расхода сетевой воды на ввод; б – фрагмент схемы с совмещением функций регулирования расхода теплоты на отопление, горячее водоснабжение и ограничения расхода сетевой воды в одном регуляторе» [22]



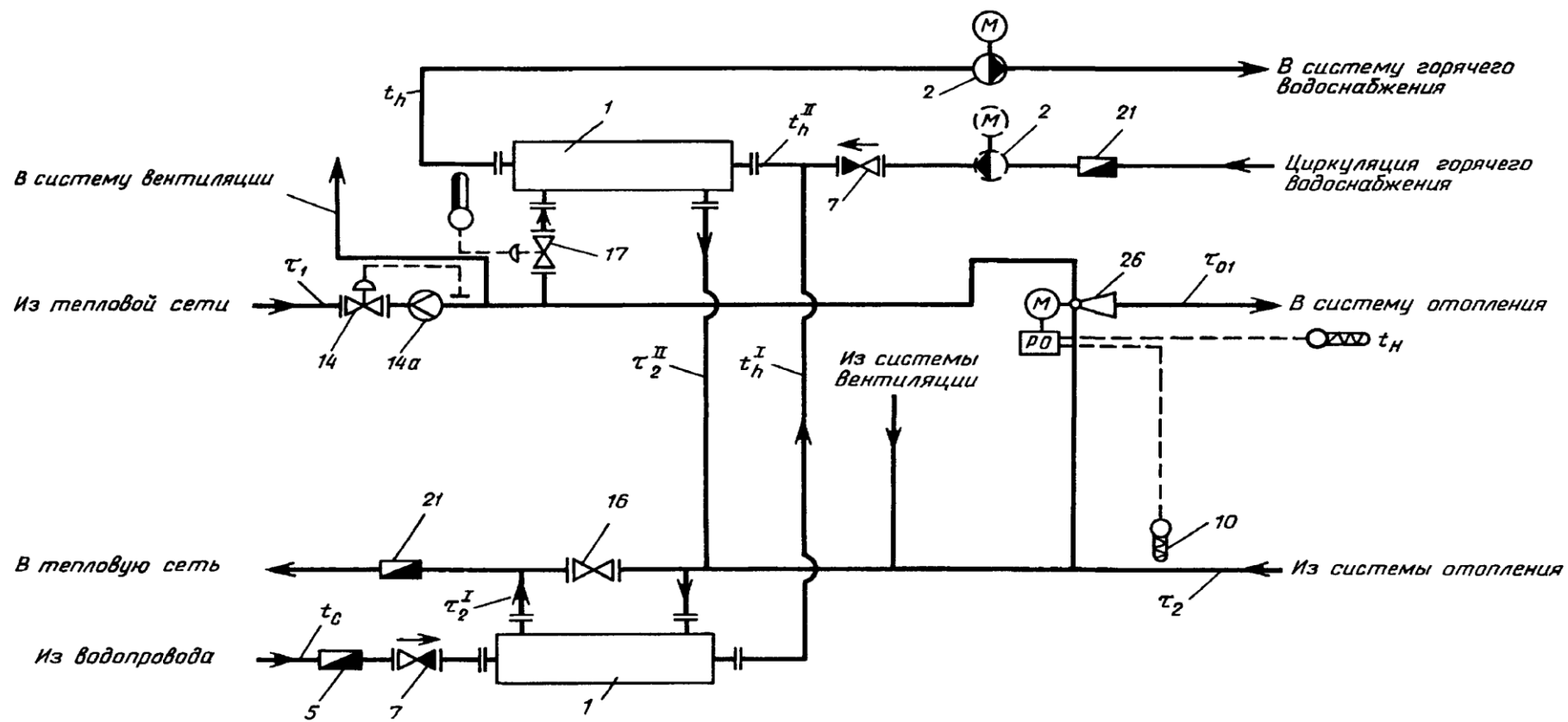
«1 – 17 – см. рис. 1.1, 1.2; 18 – сигнал включения насоса при закрытии клапана К-2; 19 – регулятор перепада давлений (электронный)

Рисунок 1.3 – Двухступенчатая схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения для промышленных зданий и промплощадок с зависимым присоединением систем отопления в ЦТП» [22]



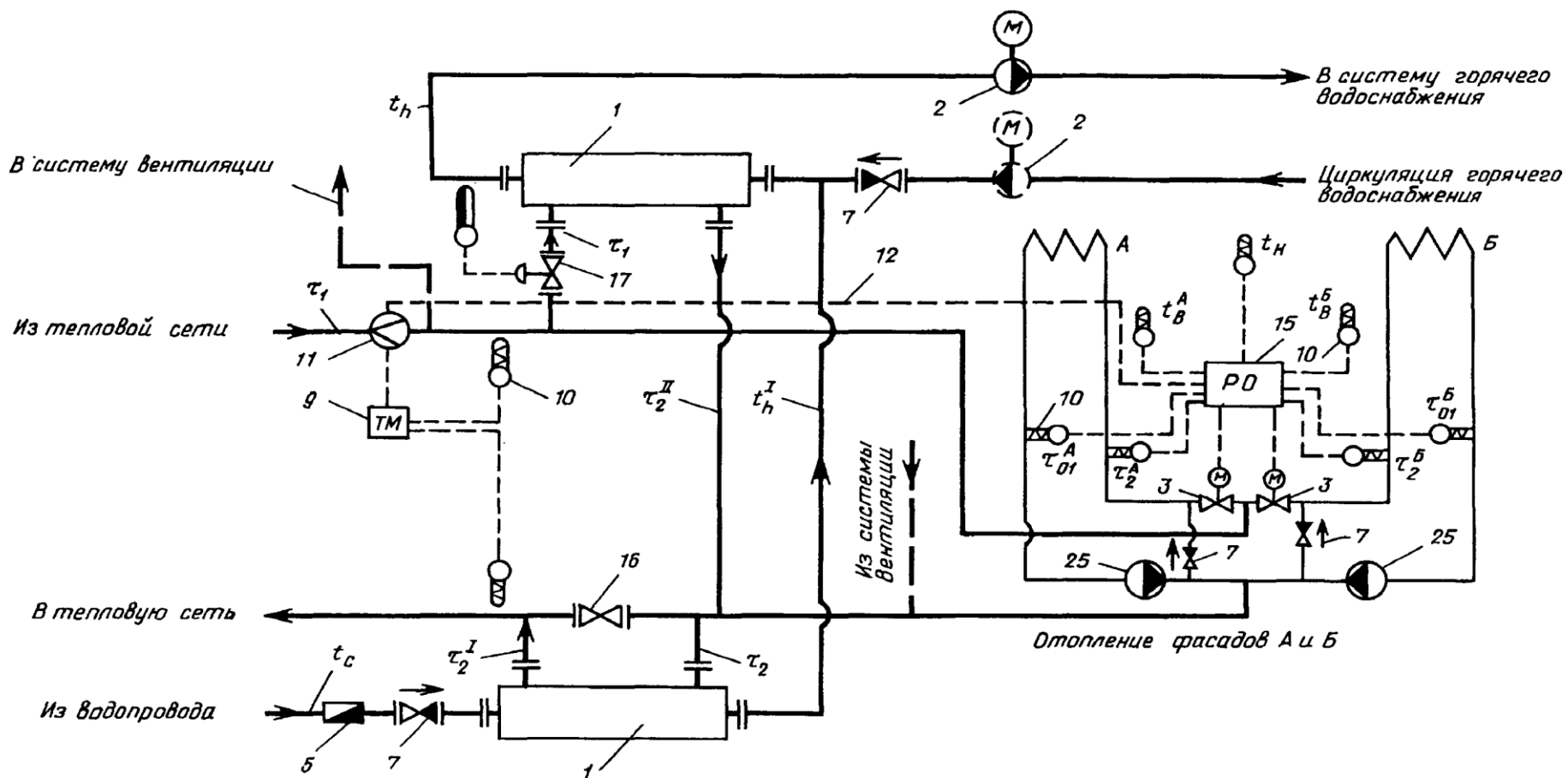
«1 – 19 – см. рис. 1.1 – 1.3; 20 – водоподогреватель отопления; 21 – водомер горячей воды; 22 – подпиточный насос отопления; 23 – регулятор подпитки; 24 – предохранительный клапан; 25 – циркуляционный насос отопления

Рисунок 1.4 – Двухступенчатая схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения для жилых и общественных зданий и жилых микрорайонов с независимым присоединением систем отопления в ЦТП и ИТП» [22]



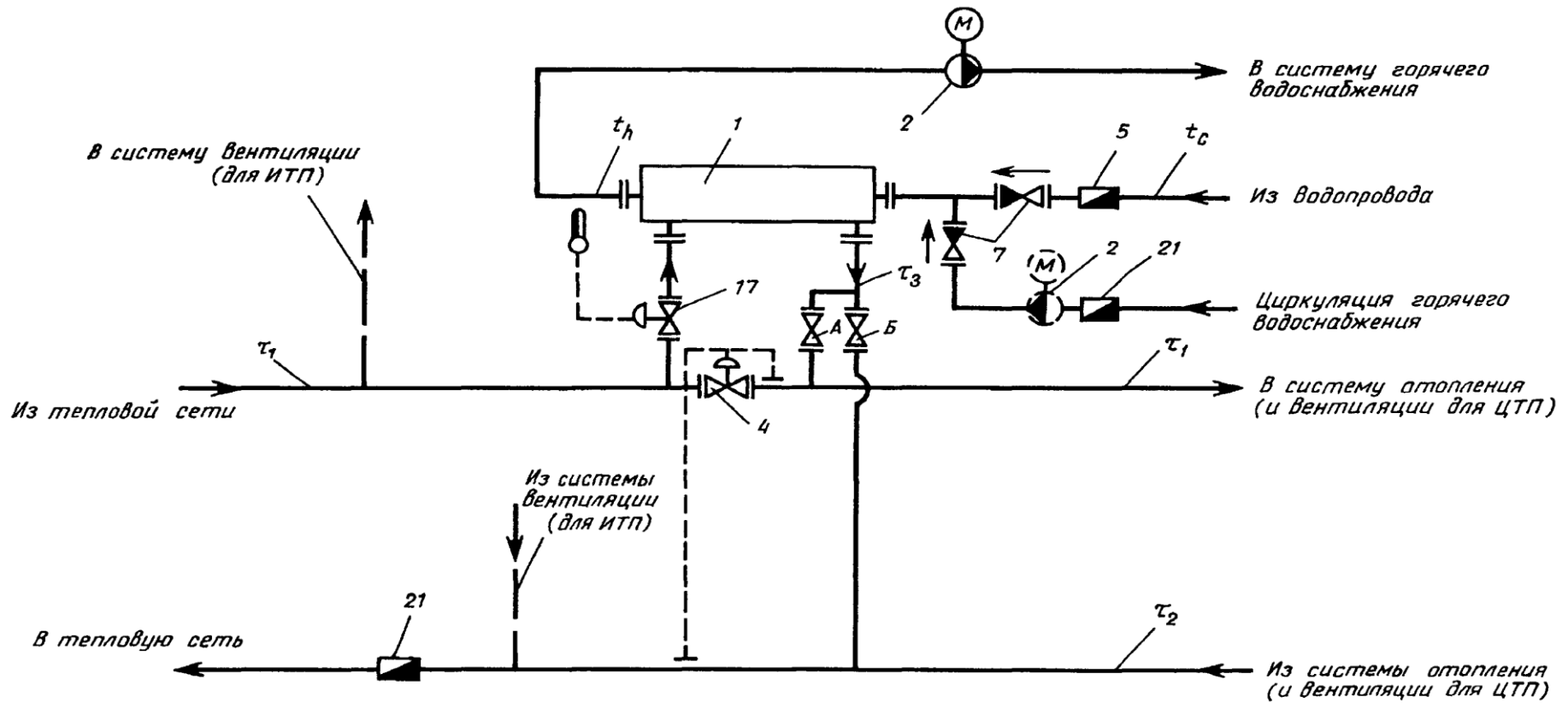
1 – 25 – см. рис. 1.1 – 1.4; 26 – водоструйный элеватор

«Рисунок 1.5 – Двухступенчатая схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения в ИТП с водоструйным элеватором и автоматическим регулированием расхода теплоты на отопление (пример учета теплоты по водомерам)» [22]



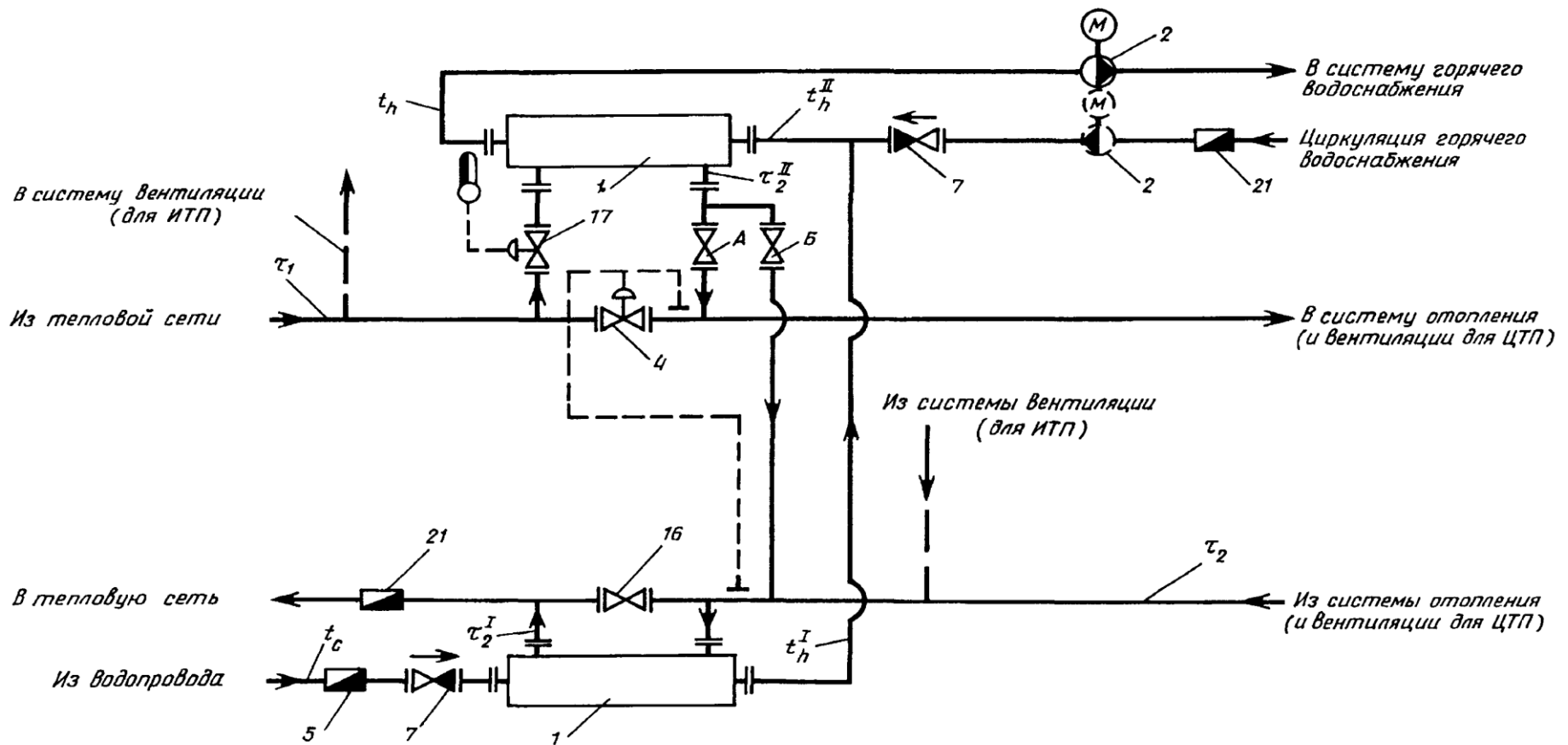
«1 – 25 – см. рис. 1.1 – 1.4

Рисунок 1.6 – Двухступенчатая схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения в ИТП с зависимым присоединением систем отопления и пофасадным автоматическим регулированием расхода теплоты на отопление» [22]



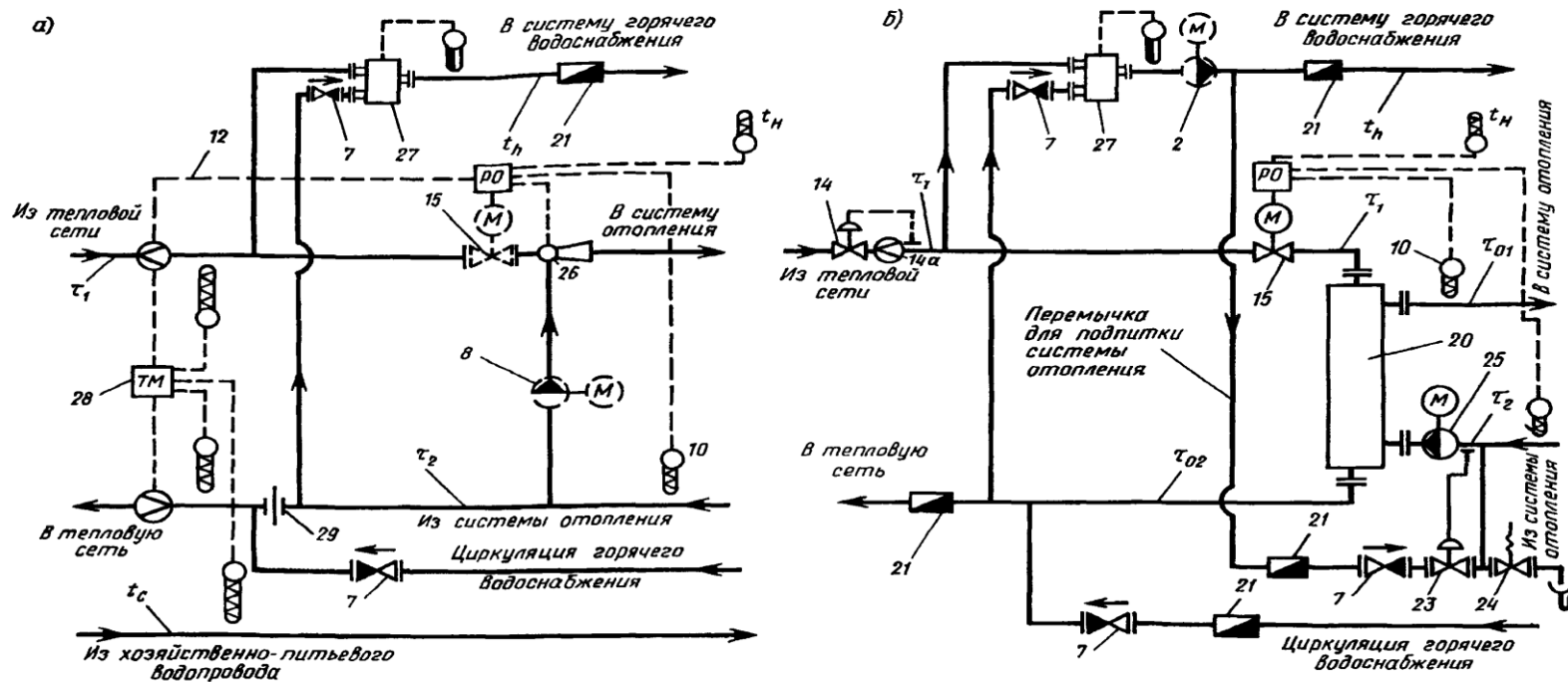
«1 – 21 – см. рис. 1.1 – 1.4

Рисунок 1.7 – Одноступенчатая схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения с зависимым присоединением систем отопления при отсутствии регуляторов расхода теплоты на отопление в ЦТП и ИТП» [22]



«1 – 21 – см. рис. 1.1 – 1.4

Рисунок 1.8 – Двухступенчатая схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения с зависимым присоединением систем отопления при отсутствии регуляторов расхода теплоты на отопление в ЦТП и ИТП» [22]



«1 – 26 – см. рис. 1.1 – 1.5; 27 – регулятор смешения горячей воды; 28 – тепломер двухпоточный трехточечный; 29 – дроссельная диафрагма

Рисунок 1.9 – Схемы присоединения систем горячего водоснабжения и отопления в ИТП при зависимом (а) присоединении системы отопления через элеватор (пунктиром – с циркуляционным насосом) с учетом теплоты по тепломеру и независимом (б) – с учетом теплоты по водомеру» [22]

1.3 Аспекты перехода на закрытые системы водоснабжения

Согласно [23] «Доли потребителей тепловой энергии населением, организациями и предприятиями сферы услуг являются основными и составляют примерно 60% конечного потребления тепловой энергии. Из потребления тепла на нужды населения и бюджетного сектора на отопление приходится 56%, на горячее водоснабжение – 44%. Более выравнено процентное соотношение потребления тепла населением на нужды отопления и горячего водоснабжения: 52% и 48%» [23].

Согласно [23] «В настоящее время более 70% жилых домов в качестве горячего водоразбора используют открытый разбор горячей воды из систем теплоснабжения. Ряд некоторых специалистов-теплоэнергетиков считают данный аспект одним из главных причин энергозатратности жилищно-коммунального хозяйства. В соответствии с изменениями и дополнениями, внесенными в Федеральный Закон №190-ФЗ от 27 июля 2010 г «О теплоснабжении» (внесены Федеральным законом № 417-ФЗ от 7 декабря 2011 г. [24, 25]), изменяются принципы создания систем горячего водоснабжения. До опубликования данного Федерального Закона, обе системы могли применяться для обеспечения горячим водоснабжением жилых домов. Теперь ввиду №190-ФЗ с 1 января 2013 г. подключение вновь вводимых объектов капитального строительства к системам ГВС должно будет осуществляться только по закрытой схеме, а, как полагают авторы закона, с 1 января 2022 г. открытые системы теплоснабжения должны быть исключены во всех жилых домах» [23].

Согласно [23] «Эксперты предупреждают, что поставленная задача поистине революционна, масштабна и несет с собой много сопутствующих проблем, которые также надо будет решить, но это пока не обозначено законодателем. Самые главные вопросы - порядок проведения (конечная

цель реконструкции, выбор объектов), источники финансирования, отношения собственности» [23].

Согласно [23] «Постановление Правительства Российской Федерации от 29.07.2013 г. № 642 [26], в котором утверждены правила горячего водоснабжения, предполагает, что органы местного самоуправления должны принимать решение о ликвидации горячего водоснабжения с использованием открытых систем теплоснабжения после тщательного обследования и обоснования выбранного способа. Абонент, который имеет подключение к открытой системе горячего водоснабжения, в отношении которого установлено данное решение, имеет право до 1 ноября года, в котором принято указанное решение, направить в орган местного самоуправления свои рекомендации о переходе. В то же время системы централизованного теплоснабжения законодательно закреплены государством как приоритетные» [23].

Согласно [23] «При открытой системе весь теплоноситель проходит обязательную водоподготовку на теплоисточнике - котельной или ТЭЦ. Холодная вода, перед тем как стать теплоносителем, как правило, требует снижения жесткости и обессоливания во избежание возникновения накипи при ее нагреве в котлах. Тем не менее, она должна соответствовать санитарным нормам, предъявляемым к «воде питьевой». Претензии к цвету, запаху и другим особенностям товара «горячая вода» возникают из-за нарушения технических регламентов. Поэтому, перед принятием каких-либо решений о реконструкции сетей необходимо провести техническое обследование объектов открытой системы теплоснабжения (горячего водоснабжения) на предмет приведения качества горячей воды в соответствие с установленными требованиями с указанием финансовых потребностей для реализации мероприятий при наличии возможности» [23].

Согласно [23] «В отсутствие водоподготовки жесткая вода способна вывести из строя целую котельную за считанные месяцы. Поэтому на любом теплоисточнике уделяется большое внимание соблюдению водно-химического режима. На водоподготовку тратятся реагенты (поваренная соль или серная кислота), электроэнергия для подачи воды, проведения регламентных работ по обслуживанию фильтров, расходуются средства на текущую эксплуатацию и ремонт оборудования» [23].

Однако и при закрытой системе горячего водоснабжения требуется подготовка воды не только для соответствия качеству питьевой воды, но и для стабильной работы теплообменника.

Согласно [23] «Ведь если вода обладает повышенной жесткостью, то при ее нагреве в теплообменнике будет также происходить интенсивное образование трудноудаляемой накипи. То есть, решение проблемы подготовки воды при переходе от открытой к закрытой схеме переместится от генерирующих объектов к потребителям. Но это уже будет не единый укрупненный комплекс, а множество маленьких установок, которые надо будет также обслуживать, нести затраты на расходные материалы и обслуживающий персонал. При этом уместно вспомнить известное правило - при разделении единого целого на несколько сегментов сумма затрат увеличивается» [23].

Согласно [23] «Явный минус закрытой системы - необходимость замены водопроводных сетей. На сегодняшний день износ этих сетей достаточно велик, и многие участки за последние 5-6 лет подверглись санации (полиэтиленовыми трубами), т.е. диаметр их уменьшился. Перед водоканалами встает вопрос - при переходе на закрытую систему необходимо увеличить пропускную способность водопроводных сетей почти в два раза. Учитывая вышеупомянутые обстоятельства, менять придется внушительный объем трубопроводов. Но тарифы на воду - одни из самых

низких и финансово не обеспечивают замену даже нормативного количества сетей» [23].

Согласно [23] «В российских городах, в которых изначально были использованы закрытые схемы, тоже не обошлось без проблем» [23].

Согласно [23] «В Тюмени положение спасла разработанная концепция многоступенчатого регулирования расхода теплоносителя на нескольких уровнях: у источника, на отводах от магистральных теплосетей, подводах к домам. Ее внедрение позволило добиться надежного распределения тепла между потребителями и локализовать нарушения настройки теплосети в границах одного отвода от магистрали при нарушении правил использования тепла» [23].

Согласно [23] «В Челябинске использовали кольцевую интеграцию разрозненных тепловых источников города, а также автоматизацию процессов транспортировки тепловой энергии, создали технические условия для регулирования потребителями количества необходимого им тепла. В результате на 30% сократились потери энергии, уменьшились расходы топлива и объемы вредных выбросов в атмосферу» [23].

Согласно [23] «Многочисленные попытки перевода существующего жилищного фонда с открытой системы теплоснабжения на закрытую (установка подогревателей ГВС с насосным оборудованием, строительство новых и реконструкция существующих тепловых сетей отопления и вентиляции от ЦТП с увеличением диаметров трубопроводов, реконструкция сетей холодного водоснабжения, рассчитанных на потребление абонентами только холодной воды) показали необходимость значительных капитальных затрат и экономически не оправдываются. Единственным наглядным положительным результатом перевода открытой системы теплоснабжения на закрытую является улучшение качества горячей воды» [23].

Согласно [23] «Таким образом, выполнение принятых законов в массовом порядке на сегодняшний день проблематично, поскольку требует значительных инвестиционных вложений. Установка приборов учета тепловой энергии показала, что просто так собрать деньги с населения не удастся: приходится придумывать разные схемы, обязывая теплоснабжающие предприятия взять на себя финансирование, обещая возврат инвестиций в далекой перспективе» [23].

Автор источника [28] утверждает: «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года, утверждённая распоряжением [27], определяет цели и задачи долгосрочного развития энергетического сектора страны на предстоящий период, приоритеты и ориентиры, а также механизмы государственной энергетической политики на отдельных этапах ее реализации, обеспечивающие достижение намеченных целей» [28].

Эффективность работы систем горячего водоснабжения не имеет возможности повышаться ввиду отсутствия мероприятий по устранению выпадения отложений в оборудовании систем теплоснабжения.

По утверждению автора [28] при нагреве воды до 55-65°C достигается углекислотное равновесие. Это явление свойственно для многих природных источников. Этим и обусловлена необходимость разработки вышеуказанных мероприятий.

Так же автор источника обращает внимание на два важных фактора: во-первых, интенсивность зарастания теплообменников и образования шлама зависит от температуры (чем выше температура нагрева воды, тем интенсивнее происходит данный процесс), эти отложения не только снижают пропускную способность трубопроводов, но вызывают коррозию вследствие дифференциальной аэрации; во-вторых, часть углекислоты, которая растворена в воде, может становиться агрессивной и способствовать образованию коррозии, это обусловлено тем, что углекислотное равновесие

способно смещаться в обратную сторону (это достигается выделением в осадок карбоната кальция по мере остывания воды при прохождении её в системе).

Как утверждает автор источника [28] «Все эти факторы способствуют ускорению коррозии в условиях повышенной температуры. А тот факт, что в воде присутствуют взвешенные частицы коллоидного железа, которые образуются в результате коррозии трубопроводов, усиливает процесс выпадения различных соединений» [28].

Согласно [28] «Надо признаться, практически при проектировании и эксплуатации теплоэнергетических систем все эти аспекты не берутся во внимание или принимаются к рассмотрению крайне редко. В большинстве проектов не обращается внимание на требования к стабилизационной обработке горячей воды [29, п. 3.3]. В частности, нарушая требования п/п. 3.3.1. в схемы не включается специальная противонакипная, антикоррозионная обработка воды, обусловленная технологическими требованиями. Кроме того, существуют и другие регламенты, в которых отображены требования к обработке воды: согласно [30, п.14.16] так же следует предусматривать защиту от коррозии и накипеобразования, [22, п. 5.2] требует предусматривать обработку воды в зависимости от качества воды, подаваемой из сетей хозяйственно-питьевого водопровода, материала труб и оборудования систем горячего водоснабжения, принятых в проекте, а также результатов технико-экономических обоснований» [28].

1.4 Выводы по главе 1

Литературный обзор показал, что необходимость перехода к закрытым системам теплоснабжения обусловлена не только выполнением требований Федерального Закона «О Теплоснабжении», но и улучшением качества горячей воды, поступающей к потребителям. Требования ФЗ «О Теплоснабжении» ставят масштабную задачу по реконструкции и совершенствованию систем теплоснабжения, однако в нем не учтены такие тонкости, как требования по подготовке воды для теплообменного оборудования и требования по обслуживанию тепловых пунктов. Данная проблема приводит к тому, что многочисленные объекты с открытыми системами теплоснабжения переводят на закрытые без анализа исходной хозяйственно-питьевой воды и, соответственно, без подготовки воды перед теплообменным оборудованием. Согласно обзору данной главы, это приводит к быстрому зарастанию оборудования различными отложениями и коррозии, к выходу из строя системы теплоснабжения.

Так, например, произошло с жилым домом, расположенным в Автозаводском районе г. Тольятти. В индивидуальном тепловом пункте (ИТП) был установлен пластинчатый теплообменник с пластинами из нержавеющей стали, источником водоснабжения хозяйственно-питьевого водопровода является р. Волга. Предположительно, факторы, негативно влияющие на состояние оборудования, отсутствуют, однако за короткий срок эксплуатации реконструированная система горячего водоснабжения вышла из строя. В связи с вышеизложенным возникла необходимость анализа системы горячего водоснабжения данного дома и исследования причин загрязнения закрытой системы теплоснабжения.

Глава 2 АНАЛИЗ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

2.1 Устройство и принцип работы пластинчатого теплообменника

Конструкция теплообменника. Согласно [31] «Пластинчатые теплообменники (ПТО) служат для передачи тепла нагреваемой среде (жидкости) от источника тепла (жидкости или пара) при помощи пластин, которые могут изготавливаться из стали, гофрированного титана, меди или графита. Соединенные пластины образуют теплообменный пакет» [31].

Согласно [31] «Собранный теплообменный пакет состоит из плотно прилегающих друг к другу пластин, образующих каналы в виде щелей. Лицевые стороны пластин имеют углубление по контуру под резиновую прокладку. Благодаря им пластины герметично прилегают друг к другу рис.2.1» [31].

Согласно [31] «В каждой пластине имеется четыре отверстия для жидкости:

- два отверстия для горячей жидкости (подведение и отвод);
- два отверстия для улучшения точного прилегания пластин. В них установлены уплотнители меньшего размера, чтобы изолировать среды с разными температурами» [31].

Согласно [32] «Пластинчатый теплообменник рассчитывается и должен работать на турбулентном режиме. В этом и заключается его отличие и более высокая эффективность чем у кожухотрубного теплообменника (принцип "труба в трубе"), где течение жидкости ламинарное. Для одной той же задачи площадь теплообмена пластинчатого теплообменника будет меньше в 3-4 раза, чем у кожухотрубного теплообменника» [32].

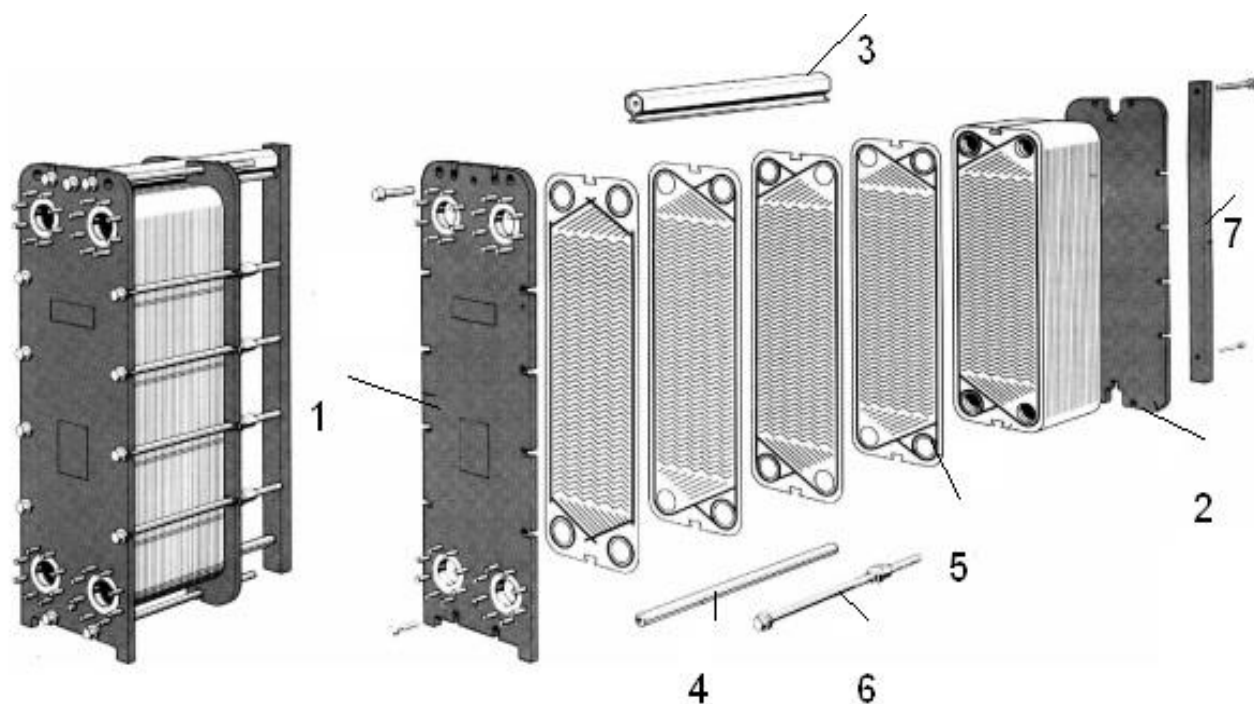


Рисунок 2.1 – Конструкция теплообменника

Согласно [31] «Подобная конструкция позволяет эффективно производить тепловой обмен при небольших размерах данного пластинчатого аппарата» [31].

Согласно [31] «Теплообменные пластины имеют различную конструкцию и материал. Материал теплообменных пластин бывает, как относительно дешевым (нержавеющая сталь AISI316), так и дорогостоящим (титан, сложные тугоплавкие сплавы). Сложные сплавы выбираются для того, чтобы противостоять вредному воздействию теплообменной среды» [31].

Согласно [31] «Также от вида теплообменной жидкости и условий работы зависит материал уплотнителей. Чаще всего прокладки делают из полимера, основой которому служит каучук» [31].

Согласно [31] «Материал EPDM используется для стандартных жидкостей на основе воды и гликоля, Nitril - для маслянистых, нефтесодержащих сред, Viton - для жидкостей высоких температур и пара» [31].

Конструкция теплообменных пластин. Согласно [31] «Главная деталь в пластинчатом теплообменном оборудовании – пластины для передачи тепла. Их изготавливают холодной штамповкой из стойких к окислению материалов. Толщина теплопередающей пластины составляет от 0,4 до 1 мм (рис.2.2)» [31].



Рисунок 2.2 – Конструкция пластин

Согласно [32] «Теплообменная пластина обладает высокоэффективной теплопередачей за счет термодинамически оптимальной конструкции. Принцип «Off-Set» обеспечивает возможность создания как симметричных, так и асимметричных каналов (1). Специальный рельеф распределительной площадки оптимально распределяет теплоносители (2). Простое крепление уплотнений к пластине посредством клипсовой системы. Уплотнения со специальными зажимами для оптимального центрирования и фиксации пакета пластин (3). Двойное уплотнение с кантом утечки полностью предотвращает возможность смешения сред в области проходных отверстий (4). Специальный окантовочный рельеф пластин обеспечивает необходимую жесткость пакета пластин, а также стабильную фиксацию уплотнений при оказании на них давления в процессе эксплуатации теплообменников (5) (рис.2.3)» [32].

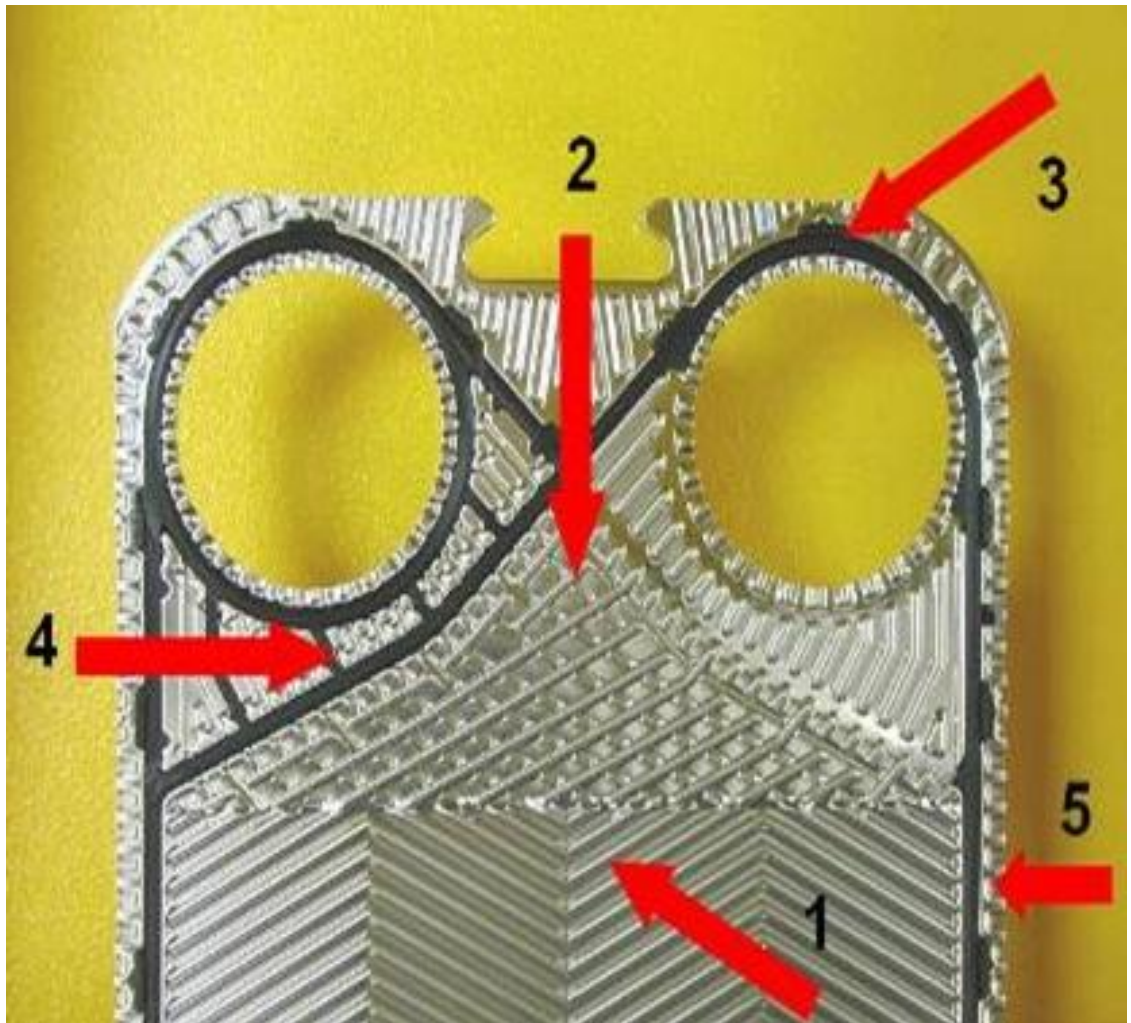


Рисунок 2.3 – Конструкция пластин

«Рифление пластин может быть разным. Как правило различают "термически жесткое рифление" с углом 30 градусов (характеризуется более высоким коэффициентом теплопередачи, но и большими потерями давления) и "термически мягкое рифление" с углом 60 градусов (характеризуется более низким коэффициентом теплопередачи, но и меньшими потерями давления). Расчетная программа подбирает такую комбинацию пластин, чтобы обеспечить необходимую теплопередачу, но при этом уложиться в заданные потери давления» [32].

На рис. 2.4 представлены два типа рифления. Слева "жесткая" пластина, справа "мягкая" пластина.



Рисунок 2.4 – Тип рифления пластин

«Крепятся прокладки на пластине двумя способами:

1) Клеевой. Пластина фиксируется в специальной канавке с помощью клея, чтобы при сборке не соскочила с пластины. Данный способ и тип прокладок уже практически не применяется производителями теплообменников из-за таких недостатков, как: лишние затраты труда, времени при производстве, а также трудности в обслуживании - наличие специального клея, укладка прокладок, время на высыхание и пр.

2) Клипсовый. Конструкция прокладки имеет клипсы по периметру, с помощью которых она закрепляется на пластине (рис.2.5)» [32].

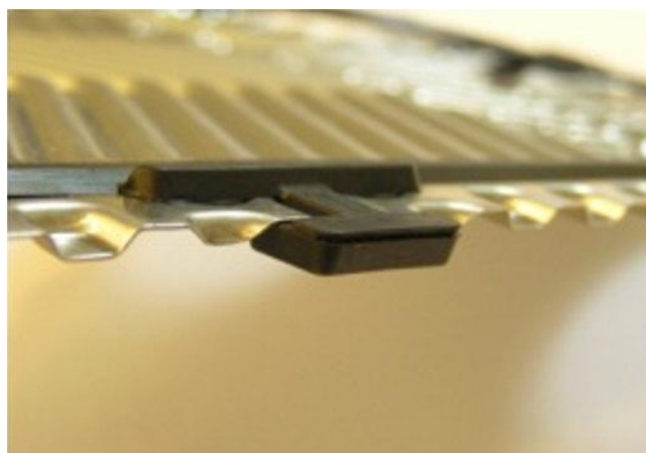


Рисунок 2.5 – Клипсы пластин

Принцип работы пластинчатого теплообменника. Согласно [32] «Пластины разборного пластинчатого теплообменника устанавливаются одна за другой с поворотом на 180 град. Эта компоновка создает теплообменный пакет с четырьмя коллекторами для подвода и отвода жидкостей. Первая и последняя пластины не участвуют в процессе теплообмена, задняя пластина выполняется обычно без портов (рис.2.6)» [32].

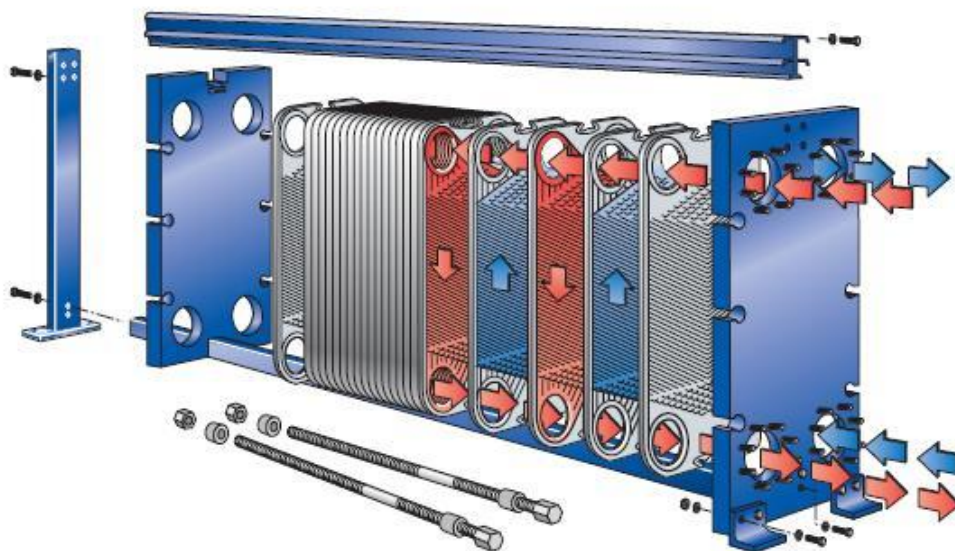


Рисунок 2.6 – Принцип работы пластинчатого теплообменника

Согласно [32] «Уплотнение портов неподвижной плиты теплообменника осуществляется либо специальными кольцами, устанавливающимися между первой пластиной и неподвижной плитой, либо специальной прокладкой первой пластины» [32].

Согласно [31] «Протекание жидкости в пластинчатом теплообменнике выполнено так, чтобы происходило завихрение течений. Все это способствует более интенсивному теплообмену с относительно малым сопротивлением протекания жидкости. А при небольшом сопротивлении потоку менее интенсивно накапливаются отложения на стенки аппарата» [31].

Согласно [31] «Петлевидные потоки жидкости вдоль пластин могут неоднократно производить обмен тепла. Благодаря этому даже при большой

разнице нагреваемой среды и источника тепла достигается качественный теплообмен. В итоге разница в температуре двух сред минимальна. Для многократного теплообмена выводят патрубки в прижимной плите, а не только в неподвижной» [31].

Согласно [32] «Различают одноходовую компоновку теплообменника и многоходовую компоновку теплообменника (рис.2.7)» [32].

Согласно [32] «При одноходовой компоновке поток жидкости, войдя в порт теплообменника, делится сразу на заданное число каналов и расходится на параллельные потоки. Далее проходит один раз по каналам стекается снова в порт и выходит из теплообменника» [32].

Согласно [32] «При такой схеме компоновки все присоединительные патрубки расположены на неподвижной плите. Это значительно облегчает эксплуатацию и обслуживание теплообменника, т.к. ничто не мешает отодвинуть заднюю плиту теплообменника и вынимать пластины» [32].

Согласно [32] «При многоходовой компоновке, жидкости совершают несколько ходов по одинаковому числу каналов. Это достигается установкой промежуточных пластин с двумя глухими портами (верхними или нижними) и позволяет в одном теплообменнике достигать очень большого теплосъема» [32].

Согласно [32] «Однако при этом появляются присоединения на прижимной плите теплообменника, что сильно ухудшает его обслуживание. Кроме того, такой теплообменник становится дорог и его гидравлическое сопротивление заметно возрастает» [32].

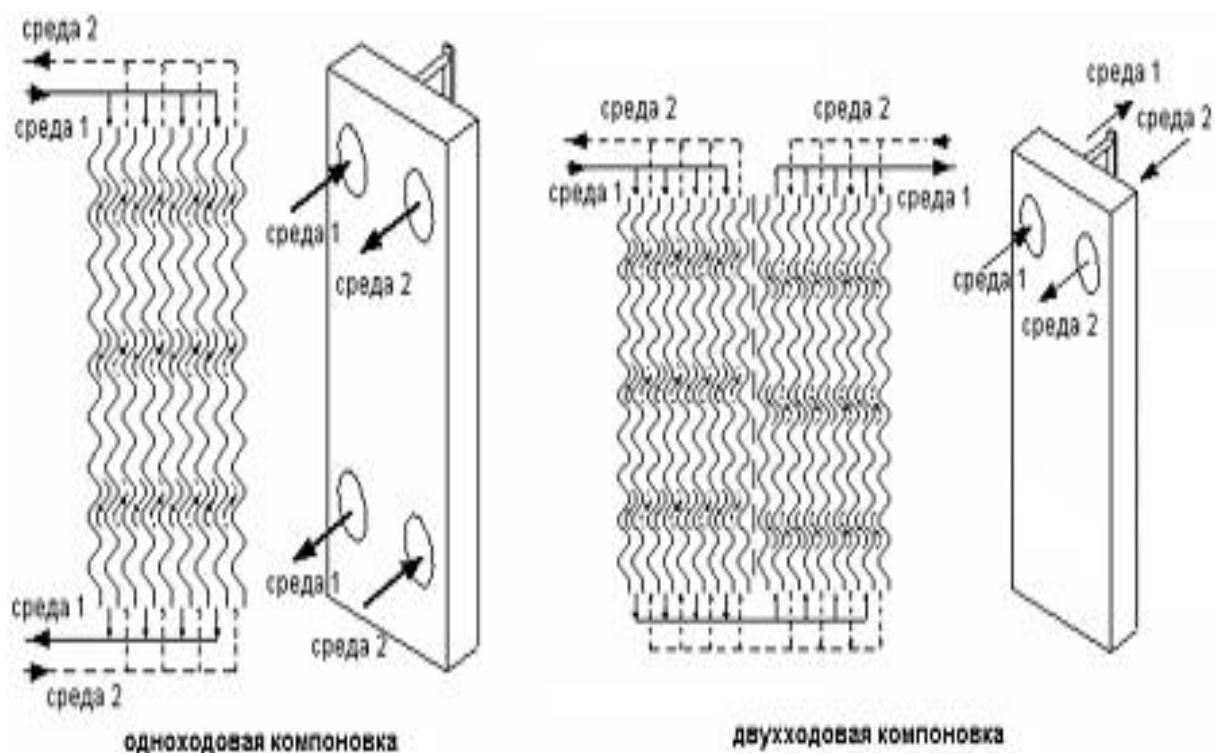


Рисунок 2.7 – Варианты компоновки теплообменника

Теплообменник — это не самостоятельный прибор, и он не устанавливается отдельно от других обязательных элементов. В его обвязку обязательно должны входить другие приборы: обратные клапаны, ручная запорная арматура (задвижки, заслонки), КИП (контрольно-измерительные приборы - манометры, термометры), циркуляционные насосы и т.п.

На рис. 2.8 можно ознакомиться с приборами и элементами стандартного индивидуального теплового пункта.

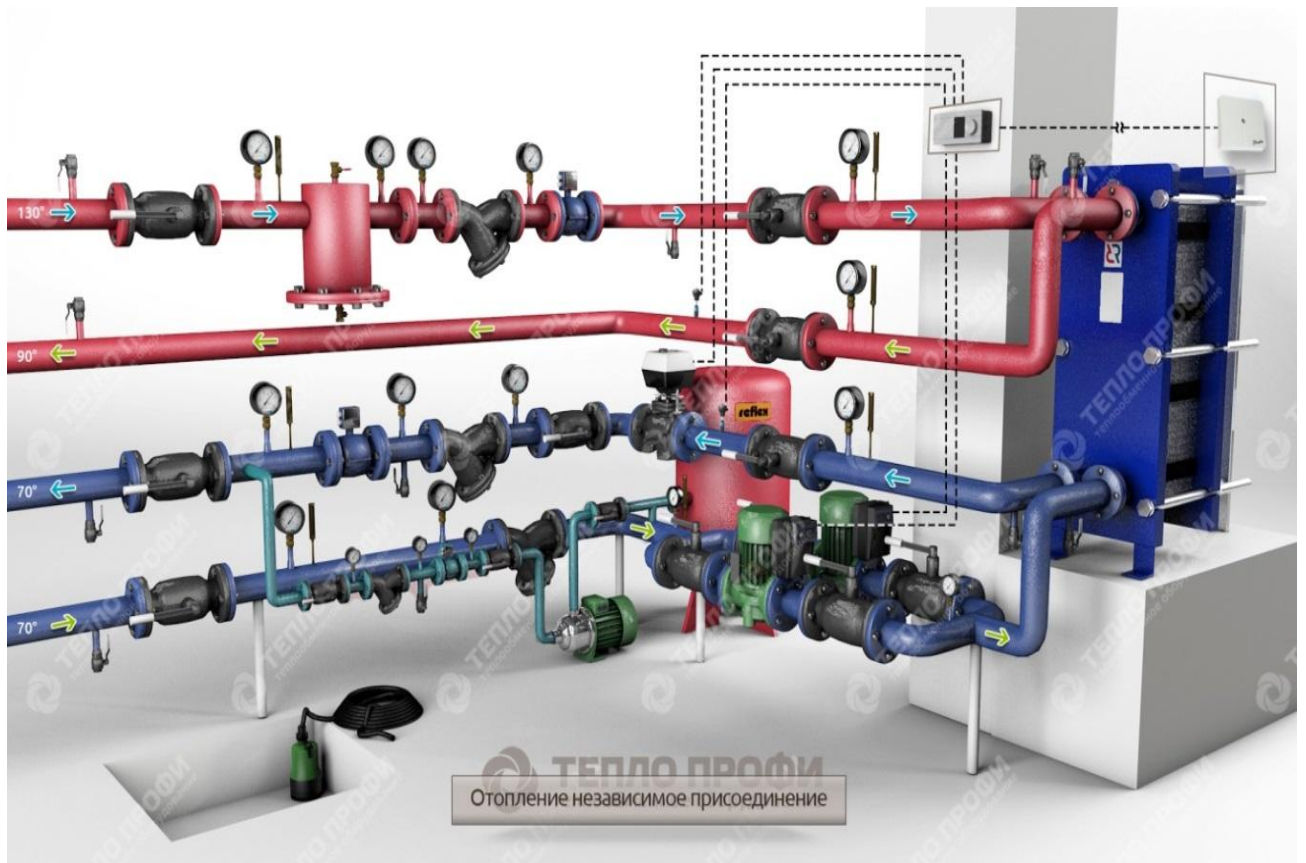


Рисунок 2.8 – Компоновка стандартного теплового пункта

Для того чтобы теплообменник служил долго и без поломок, необходим правильный его подбор из всего многообразия существующих моделей. Поэтому для правильного подбора теплообменника следует обращаться к профессионалам.

2.2 Проблемы систем закрытого водоснабжения (на примере г.

Дзержинск и г. Сергач)

В источнике [33] подробно рассматривается опыт борьбы с загрязнениями пластинчатых теплообменников, установленных в котельных в г. Дзержинск и г. Сергач.

«В 2001 -2002 гг. в указанных городах с привлечением инвестиций ОАО «ГАЗПРОМ» была проведена масштабная реконструкция систем теплоснабжения, в результате которой взамен старых отопительных котельных с чугунно-секционными котлами («Энергия», «Тула» и др.) были построены и реконструированы: в г. Дзержинск - 18 котельных общей установленной мощностью 158,5 МВт, в г. Сергач - 8 котельных общей установленной мощностью 32,5 МВт. В г. Дзержинске, кроме того, произведена замена 100% тепловых сетей от реконструированных котельных суммарной протяженностью 36 км. Все котельные в настоящее время работают в автоматическом режиме (без постоянного присутствия обслуживающего персонала). Котельные выполнены по единой двухконтурной технологической схеме (см. рис. 2.9). Пластинчатые теплообменники отопления (2 шт. по 50% производительности каждый) выполняют функцию разделения контуров. Расчетный температурный график: 95/70 °С - по сетевому контуру, 110/80 °С - по котловому контуру» [33].

Следует отметить, что в источниках [34,35] авторы статьей опровергают абсолютное преимущество пластинчатых теплообменных аппаратов по сравнению с кожухотрубными, развеивая мифы, созданные массовой рекламной кампанией.

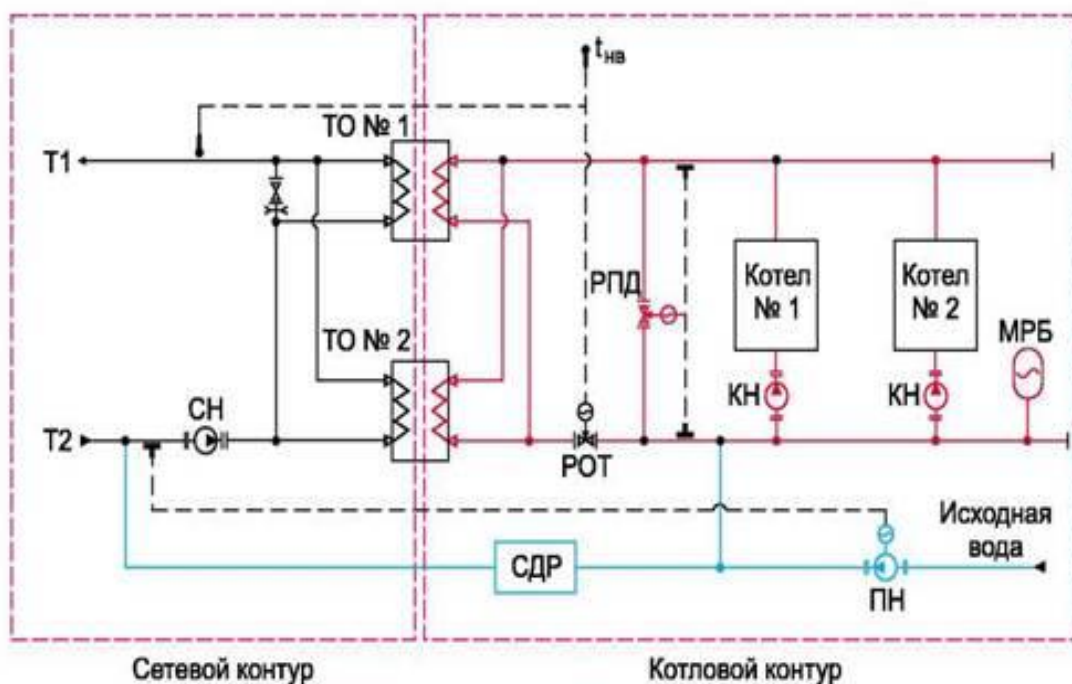


Рис. 2. Технологическая схема котельных:
 РОТ – регулятор отопления; РПД – регулятор перепада давления; КН – котловой насос; МРБ – мембранный расширительный бак; ТО – теплообменник; СН – сетевой насос; ПН – подпиточный насос; СДР – система дозирования реагента.

Рисунок 2.9 – Технологическая схема котельных

«Вследствие сильнейших загрязнений пластинчатый теплообменник терял до 50-70% тепловой эффективности за 3-6 недель. По результатам исследований причина заключалась в интенсивном загрязнении поверхности нагрева теплообменников по сетевой стороне продуктами коррозии железа (г. Дзержинск) и накипью (г. Сергач). Для наглядного примера на рисунке 2.10 представлена фотография образца отложений, извлеченного из теплообменника в г. Сергач, на рисунке 2.11 – фотография пластины, извлеченной из теплообменника в г. Дзержинске» [33].



Рисунок 2.10 – Образец отложений, извлеченный из пластинчатого теплообменника (г. Сергач)

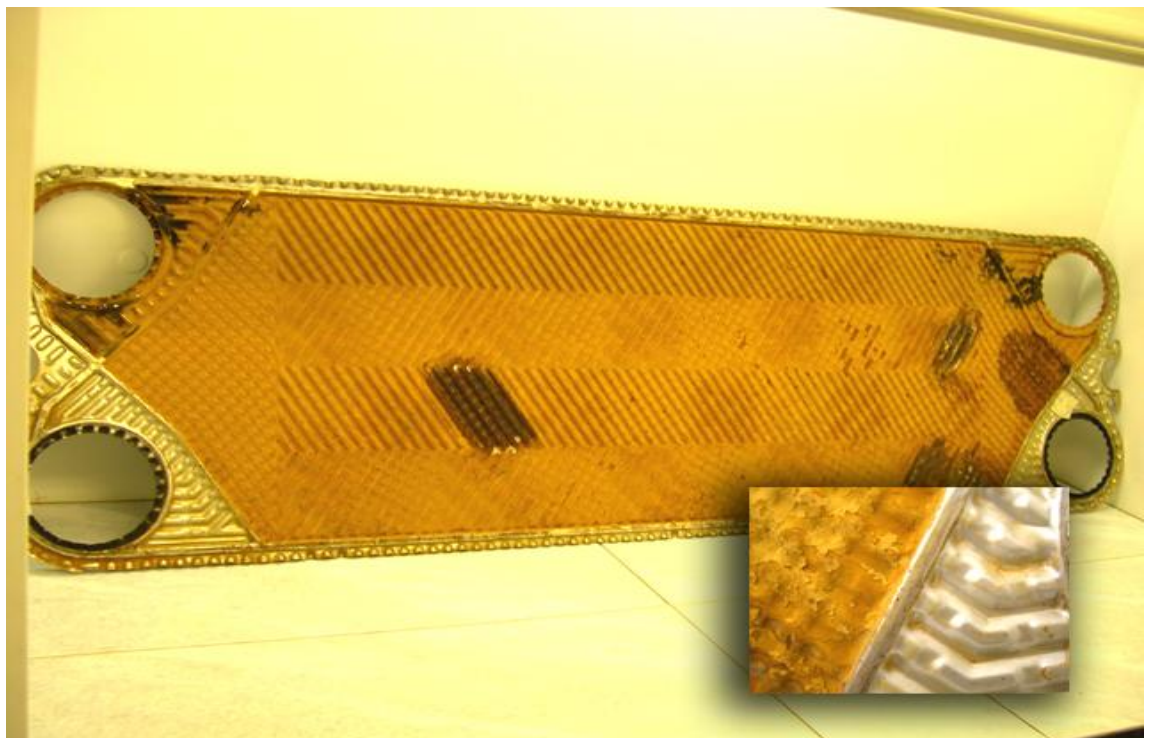


Рисунок 2.11 – Образец слоя железистых отложений на пластине (г. Дзержинск)

Многие специалисты отмечают потерю тепловой эффективности ПТО в процессе эксплуатации вследствие загрязнения поверхности нагрева. Так как коэффициент теплопроводности накипи имеет весьма низкое значение, то даже незначительный слой отложений создает большое термическое сопротивление (слой котельной накипи толщиной 1 мм по термическому сопротивлению примерно эквивалентен 40 мм стальной стенки [36]). Например, в статье [37] авторы приводят следующую статистику потери тепловой эффективности теплообменника Альфа-Лаваль, установленного на ЦТП:

- после 1 -ого года эксплуатации - 5%;
- после 2-ого -15%;
- после 3-его - более 25%.

Автором статьи [38] разработан эффективный метод диагностики состояния загрязненности теплообменных аппаратов, позволяющий легко определять относительный коэффициент теплопередачи k/k_0 загрязненного теплообменника по отношению к этому же теплообменнику с абсолютно чистой поверхностью.

Для выяснения причин, по которым происходит быстрое загрязнение теплообменников, был организован непрерывный процесс наблюдения и регистрации параметров состава исходной и сетевой воды, по результатам которого сделан следующий вывод:

1. В г. Сергач исходная, а, следовательно, и сетевая вода, имеет высокую жесткость (15-20 мг-экв/кг). По этой причине вода имеет склонность к накипееобразованию и не является агрессивной коррозионной средой. За 1,5-2 месяца достигался критический перепад давления по сетевой стороне, то есть высока скорость образования отложений, которые на 80% состояли из карбоната кальция с элементами продуктов коррозии железа.

2. Ситуация в г. Дзержинске кардинальным образом отличалась. Исходная водопроводная вода в г. Дзержинске – относительно мягкая (общая жесткость 4,0-5,0 мг-экв/кг), периодически наблюдается значительное превышение санитарных норм по содержанию железа (до 2-3 мг/кг). При $pH = 6,5-7,5$ и нагревании до рабочей температуры в теплосети такая вода сохраняет отрицательный индекс стабильности, т.е. является коррозионно-агрессивной (при невысокой склонности к накипеобразованию). Средний состав отложений: оксиды железа - 80-90%; карбонат кальция - 5-10%; оксид кремния и др. - 5-10%.

На основании полученных результатов автором данной статьи были разработаны мероприятия по стабилизации работы пластинчатых теплообменников, комплекс мероприятий представлен в источнике [33] в виде таблицы.

Проведенные мероприятия позволили наладить работу систем теплоснабжения.

Так же при подборе теплообменника автором [33] выделены основные рекомендации:

Во-первых, следует обращать внимание на химический анализ греющего и нагреваемого теплоносителя, включая сезонные изменения в составе сред, и рекомендовать эксплуатирующим организациям при выдаче технического задания на подбор теплообменника обязательно учитывать возможность их загрязнения.

Во-вторых, не следует устанавливать теплообменник со слишком высоким значением коэффициента теплопередачи. По мнению большинства специалистов оптимальный диапазон данного коэффициента составляет 4500-6000 Вт/(м²·°C).

2.3 Анализ системы горячего водоснабжения жилого дома г. Тольятти

В настоящее время в Автозаводском районе г. Тольятти все дома подключены по открытой схеме ГВС, при которой на ГВС поступает вода из обратной линии ТС после системы отопления с подмешиванием из подающего трубопровода ТС. При данной схеме возможно два режима работы системы ГВС: 1. Летний, 2. Зимний.

В летний период система отопления не работает, вода на ГВС подается из подающей магистрали тепловой сети с температурой 60-75 °С, вентиль «а» закрыт (рис.2.12).

Для предотвращения излишней циркуляции и поглощения избыточного циркуляционного давления устанавливается летняя диафрагма, вентиль «б» при этом закрыт.

В зимний период водозабор на ГВС производится из обратной магистрали из системы отопления и из подающей линии ТС.

Вентили «а» и «б» открыты. Циркуляционная вода из системы ГВС поступает в обратную магистраль тепловой сети. Летняя диафрагма отключается для циркуляции воды в системе ГВС требуется, чтобы давления в точке «в» было больше, чем давление в точке «г», для этого устанавливается зимняя диафрагма на обратной магистрали между точками отбора воды и присоединения циркуляционного трубопровода.

При недостаточном давлении в обратном трубопроводе системы отопления на подающем трубопроводе ТЗ устанавливают повысительно-циркуляционный насос.

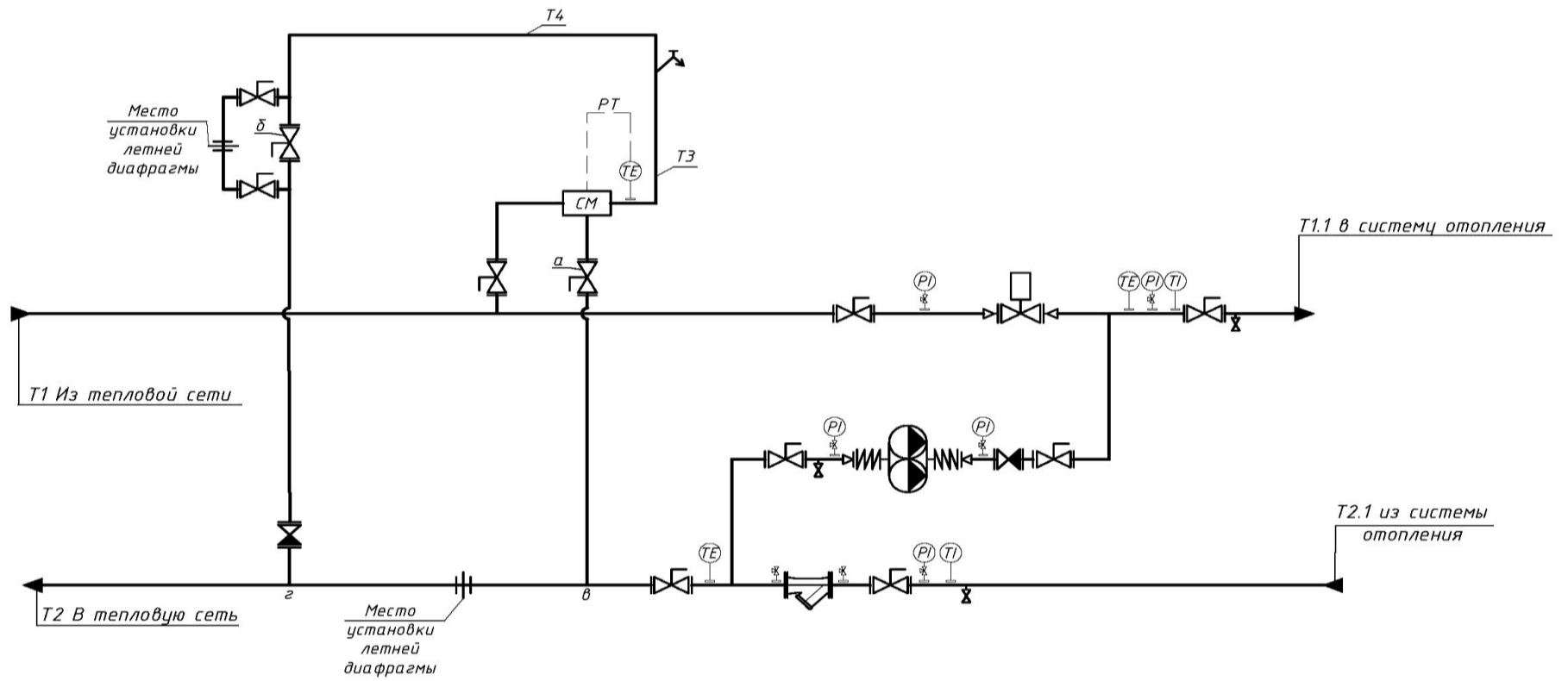


Рисунок 2.12 – Открытая схема ГВС

В связи с требованиями ФЗ [24] о том, что с 1 января 2013 года подключение вновь вводимых объектов капитального строительства к системам ГВС должно осуществляться только по закрытой схеме, а с 1 января 2022 года все жилые дома должны иметь подключение к горячему водоснабжению по закрытой схеме, на одном из многоквартирных жилых домов был организован переход от открытой системы ГВС к закрытой с применением пластинчатого теплообменника.

Стоит отметить состояние внутридомовых разводящих трубопроводов ГВС при реконструкции: на внутренней поверхности трубопроводов были обнаружены отложения (рис. 2.13, 2.14, 2.15, 2.16).



Рисунок 2.13 – Отложения в трубопроводах системы ГВС



Рисунок 2.14 – Отложения в трубопроводах системы ГВС

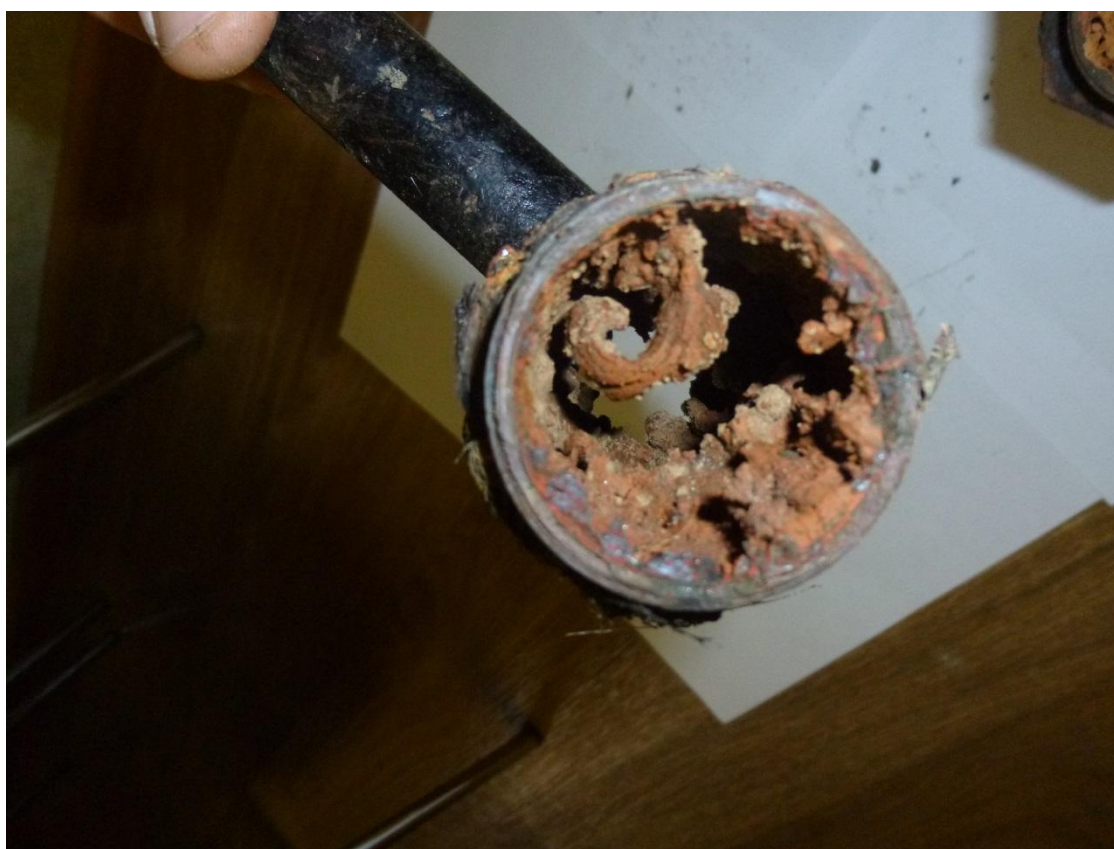


Рисунок 2.15 – Отложения в трубопроводах системы ГВС



Рисунок 2.16 – Отложения в трубопроводах системы ГВС

По данным изображениям можно сделать вывод о качестве горячей воды, поступающей к потребителям по открытой схеме ГВС.

Работа модуля закрытой системы горячего водоснабжения заключается в следующем: в зимний период холодная водопроводная вода поступает в водоподогреватель, нагревается горячей водой из тепловой сети и подается в систему. Охлажденная в водоподогревателе греющая вода направляется в обратную линию тепловой сети, смешиваясь при этом с обратной водой из системы отопления. Расход воды из тепловой сети Т1 зависит от водоразбора на ГВС.

В летний период система отопления не работает, вся сетевая вода идет в водоподогреватель на нагрев холодной воды и возвращается в обратную линию тепловой сети – Т2 (рис. 2.17).

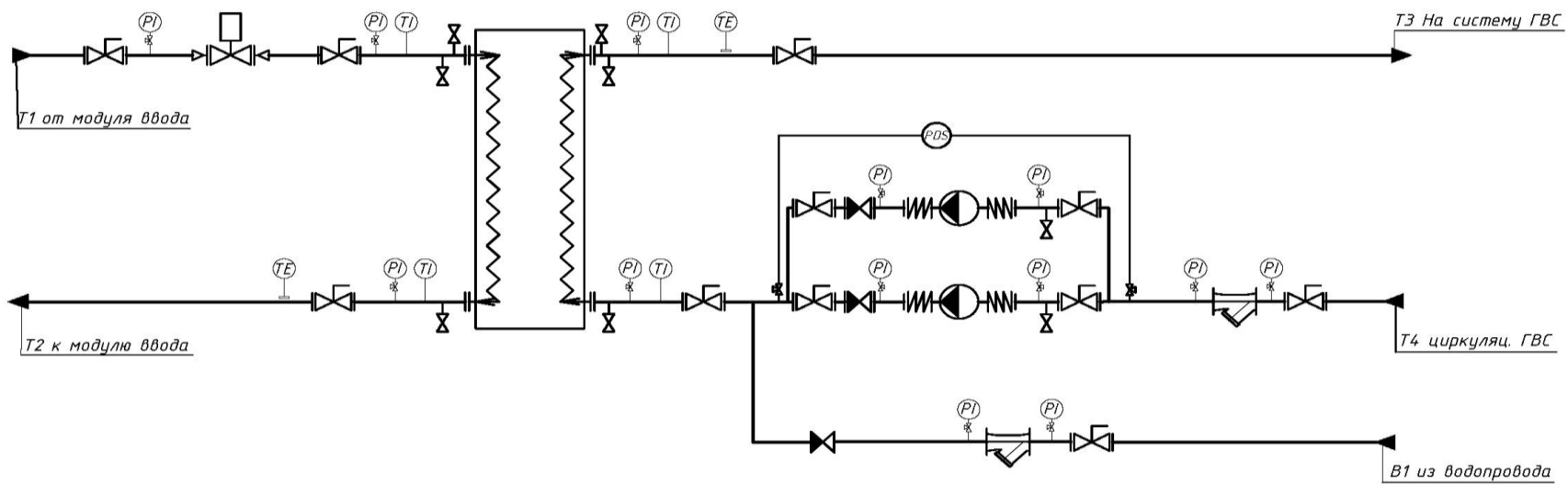


Рисунок 2.17 – Закрытая схема ГВС

Во внутреннем контуре для поддержания циркуляции требуется установка циркуляционных насосов на циркуляционном трубопроводе Т4. Если давления на вводе хозяйственно-питьевого трубопровода недостаточно для подачи воды в систему горячего водоснабжения, необходимо устанавливать циркуляционно-повысительный насос на подающем трубопроводе Т3.

Для предварительной очистки хозяйственно-питьевой воды и воды, циркулирующей в системе горячего водоснабжения, предусматривается установка фильтров. Оборудование более тщательной водоподготовки, как правило, проектировщиками не предусматривается.

Схема, представленная на рис. 2.17, отражает принципиальную схему, принятую в рассматриваемом объекте г. Тольятти при реконструкции, то есть оборудование водоподготовки в ИТП не предусмотрено.

В связи с тем, что после непродолжительного срока эксплуатации закрытой системы ГВС на пластинах теплообменника появились отложения, возникли следующие проблемы: снизилось качество горячей воды, поступающей непосредственно к потребителям, данная система быстро вышла из строя и не соответствовала нормативам качества воды в системе ГВС. В управляющей компании в качестве решения проблемы данный МКД переведен обратно на открытую систему ГВС и в настоящее время закрытая система в домах, построенных ранее 2013 года, в Автозаводском районе г. Тольятти не эксплуатируется.

2.4 Исследование причин загрязнения системы горячего водоснабжения жилого дома г. Тольятти

Для оценки коррозионной активности воды Автозаводского района г. Тольятти рассчитаем индекс коррозионной активности. Согласно [22] значение индекса насыщения карбонатом кальция J определяется в соответствии с [39]:

$$J = pH - pH_s, \quad (2.1)$$

где J – показатель насыщения;

pH – фактический показатель pH воды;

pH_s – показатель pH воды в состоянии карбонатного равновесия.

Исходные данные для расчета индекса насыщения принимаем по данным Автоград Водоканала (табл.2.1).

Таблица 2.1 - Отчёт по качеству питьевой воды, подававшейся в централизованную систему питьевого водоснабжения, цехом ОСВ ООО «АВК» за период с 01.01.2017 г. по 31.12.2017 г.

| № п/п | Наименование показателей | Единица измерения | ПДК | Количество анализов | Концентрация | | | НД на методику измерения |
|-------|---|--------------------|--------------------------|---------------------|--------------|------------------|--------------|--------------------------|
| | | | | | Min | Max | Среднее | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Водородный показатель (pH) | ед. pH | 6-9 | 1014 | 6,95 | 8,35 | 7,51 | ПНД Ф 14.1:2:3:4.121 |
| 2 | Сухой остаток (общая минерализация) | мг/дм ³ | ≤ 1000 | 24 | 204 | 368 | 294,7 | ПНД Ф 14.1:2:4.114 |
| 3 | Жёсткость общая | ⁰ Ж | ≤ 7,0 | 25 | 2,55 | 4,8 | 3,6 | ГОСТ 31954 |
| 4 | Окисляемость перманганатная | мг/дм ³ | ≤ 5,0(6,5 ¹) | 474 | 3,17 | 5,5 ² | 4,65 | ПНД Ф 14.1:2:4.154 |
| 5 | Нефтепродукты | мг/дм ³ | ≤ 0,1 | 27 | менее 0,005 | 0,025 | менее 0,005 | ПНД Ф 14.1:2:4.128 |
| 6 | Анионактивные поверхностно-активные вещества (АПАВ) | мг/дм ³ | ≤ 0,5 | 26 | менее 0,025 | менее 0,025 | менее 0,025 | ПНД Ф 14.1:2:4.158 |
| 7 | Фенолы (общие и летучие) | мг/дм ³ | ≤ 0,001 | 24 | менее 0,0005 | 0,001 | менее 0,0005 | ПНД Ф 14.1:2:4.182 |
| 8 | Алюминий | мг/дм ³ | ≤ 0,5 | 748 | 0,012 | 0,490 | 0,159 | ПНД Ф 14.1:2:4.181 |
| 9 | Барий | мг/дм ³ | ≤ 0,1 | 10 | менее 0,05 | 0,029 | менее 0,05 | ГОСТ 31869-2012 |
| 10 | Бор суммарно | мг/дм ³ | ≤ 0,5 | 17 | менее 0,05 | менее 0,05 | менее 0,05 | ПНД Ф 14.1:2:4.36-95 |
| 11 | Бериллий | мг/дм ³ | ≤ 0,0002 | 17 | менее 0,0001 | менее 0,0001 | менее 0,0001 | ПНД Ф 14.1:2:4.140-98 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|---|---------------------|-----------|------|---------------|--------------------|---------------|---|
| 12 | Железо (общее вал.) | мг/дм ³ | ≤0,3 | 59 | 0,05 | 0,138 | 0,098 | ПНД Ф 14.1:2:4.50 |
| 13 | Железо (общее раств.) | мг/дм ³ | - | 20 | 0,053 | 0,123 | 0,087 | |
| 14 | Кадмий | мг/дм ³ | ≤0,001 | 11 | менее 0,001 | менее 0,001 | менее 0,001 | ГОСТ 31870 (метод 1) |
| 15 | Марганец | мг/дм ³ | ≤0,1 | 14 | 0,005 | 0,029 | 0,0126 | ГОСТ 31870 (метод 1) |
| 16 | Медь | мг/дм ³ | ≤1,0 | 11 | менее 0,001 | 0,05 | 0,005 | ГОСТ 31870 (метод 1) |
| 17 | Молибден | мг/дм ³ | ≤0,25 | 11 | менее 0,001 | 0,0017 | менее 0,001 | ГОСТ 31870 (метод 1) |
| 18 | Мышьяк | мг/дм ³ | ≤0,05 | 11 | менее 0,02 | менее 0,02 | менее 0,02 | ГОСТ 31870 (метод 1) |
| 19 | Никель | мг/дм ³ | ≤0,1 | 13 | менее 0,001 | 0,0075 | 0,00163 | ГОСТ 31870 (метод 1) |
| 20 | Аммиак и ионы аммония (суммарно) | мг/дм ³ | ≤2,6 | 13 | 0,05 | 0,51 | 0,26 | ГОСТ 33045 (метод А) |
| 21 | Нитрит-ионы | мг/дм ³ | ≤3,0 | 12 | менее 0,003 | менее 0,003 | менее 0,003 | ГОСТ 33045 (метод Б) |
| 22 | Нитрат-ионы | мг/дм ³ | ≤45 | 13 | 1,81 | 4,8 | 2,91 | ПНД Ф 14.1:2:4.4 |
| 23 | Ртуть суммарно | мг/дм ³ | ≤0,0005 | 16 | менее 0,00005 | 0,00005 | менее 0,00005 | ПНД Ф 14.1:2:4.160-2000 |
| 24 | Свинец | мг/дм ³ | ≤0,03 | 12 | менее 0,001 | менее 0,001 | менее 0,001 | ГОСТ 31870 (метод 1) |
| 25 | Селен | мг/дм ³ | ≤0,01 | 11 | менее 0,002 | менее 0,002 | менее 0,002 | ГОСТ 31870 (метод 1) |
| 26 | Стронций | мг/дм ³ | ≤7,0 | 14 | менее 0,5 | менее 0,5 | менее 0,5 | ГОСТ 31869-2012 |
| 27 | Сульфаты (сульфат-ионы) | мг/дм ³ | ≤500 | 14 | 9,4 | 101 | 70,45 | ГОСТ 31940 |
| 28 | Фторид-ионы (фториды) | мг/дм ³ | ≤1,5 | 13 | менее 0,1 | 0,192 | 0,133 | ГОСТ 4386; ПНД Ф 14.1:2:3:4.179 |
| 29 | Хлорид-ионы (хлориды) | мг/дм ³ | ≤350 | 12 | 18,2 | 39,8 | 27,7 | ГОСТ 4245; ПНД Ф 14.1:2:4.111 |
| 30 | Хром (VI) | мг/дм ³ | ≤0,05 | 12 | менее 0,025 | менее 0,025 | менее 0,025 | ГОСТ 31956 (метод А) |
| 31 | Цианиды | мг/дм ³ | ≤0,035 | 9 | менее 0,01 | менее 0,01 | менее 0,01 | ГОСТ 31863-2012 |
| 32 | Цинк | мг/дм ³ | ≤5,0 | 12 | менее 0,001 | менее 0,001 | менее 0,001 | ГОСТ 31870 (метод 1) |
| 33 | Гамма – ГХЦГ (линдан) | мкг/дм ³ | ≤0,002 | 14 | менее 0,1 | менее 0,1 | менее 0,1 | ГОСТ 31858 |
| 34 | ДДТ (4,4' дихлордифенилтрихлорэтан) | мкг/дм ³ | ≤0,002 | 14 | менее 0,1 | менее 0,1 | менее 0,1 | ГОСТ 31858 |
| 35 | 2,4-Д | мг/дм ³ | ≤0,03 | 10 | менее 0,01 | менее 0,01 | менее 0,01 | ГОСТ 31941 |
| 36 | Хлороформ | мг/дм ³ | ≤0,2 | 176 | 0,063 | 0,240 ² | 0,129 | МУК 4.1.646-69 ³ ГОСТ 31951 |
| 37 | Хлор остаточный активный | мг/дм ³ | ≤1,2 | 8760 | 0,8 | 1,2 | 0,88 | ПНД Ф 14.1:2:4.113 |
| 38 | Хлор остаточный свободный | мг/дм ³ | 0,3 - 0,5 | 730 | 0,38 | 0,65 ² | 0,49 | ГОСТ 18190 (раздел 3) |
| 39 | Полиакриламид | мг/дм ³ | ≤2,0 | 734 | менее 0,02 | менее 0,02 | менее 0,02 | ГОСТ 19355 (раздел 2) |
| 40 | Кремнекислота (в пересчете на кремний) | мг/дм ³ | ≤10 | 13 | 2,3 | 3,9 | 3,05 | ПНД Ф 14.1:2:4.215 |
| 41 | Полифосфаты (по PO ₄ ⁻³) | мг/дм ³ | ≤3,5 | 12 | 0,053 | 0,152 | 0,108 | ГОСТ 18309 |
| 42 | Запах | балл | ≤2 | 730 | 1 | 1 | 1 | ГОСТ 3351 (раздел 2) |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|--|-------------------------------|------------|-----|---------------|---------------|---------------|-----------------------------|
| 43 | Привкус | балл | ≤ 2 | 730 | 1 | 1 | 1 | ГОСТ 3351 (раздел 3) |
| 44 | Цветность | градус цветности | ≤ 20 | 782 | 7,7 | 20 | 12,5 | ГОСТ 31868 |
| 45 | Мутность | мг/дм ³ | ≤ 1,5 | 694 | менее 0,58 | менее 0,58 | менее 0,58 | ПНД Ф 14.1:2.4.213 |
| 46 | | ЕМФ | ≤ 2,6 | 161 | менее 1,0 | 1,28 | менее 1,0 | |
| 47 | Температура | °С | - | 736 | 1,0 | 22,4 | 8,98 | - |
| 48 | Щелочность общая | ммоль/дм ³ | - | 737 | 1,13 | 2,98 | 1,99 | ГОСТ 31957(п.5.42 способ 1) |
| 49 | Стабильность | - | - | 118 | 0,61 | 1,16 | 0,90 | - |
| 50 | Зоопланктон | экз/м ³ | - | 56 | менее 1 | менее 1 | менее 1 | - |
| 51 | Фитопланктон | кл./см ³ | - | 56 | менее 1 | менее 1 | менее 1 | - |
| 52 | Бромдихлорметан | мг/дм ³ | ≤ 0,03 | 18 | 0,0027 | 0,026 | 0,016 | ГОСТ 31951 |
| 53 | Термотолерантные колиформные бактерии | КОЕ/100см ³ | отсутствие | 379 | не обнаружено | не обнаружено | не обнаружено | МУК 4.2.1018 |
| 54 | Общие колиформные бактерии | КОЕ/100см ³ | отсутствие | 379 | не обнаружено | не обнаружено | не обнаружено | МУК 4.2.1018 |
| 55 | Общее микробное число | КОЕ/1 см ³ | ≤ 50 | 379 | не обнаружено | не обнаружено | не обнаружено | МУК 4.2.1018 |
| 56 | Колифаги | БОЕ/100 см ³ | отсутствие | 63 | не обнаружено | не обнаружено | не обнаружено | МУК 4.2.1018 |
| 57 | Споры сульфитредуцирующих клостридий | Число спор/20 см ³ | отсутствии | 37 | не обнаружено | не обнаружено | не обнаружено | МУК 4.2.1018 |
| 58 | Цисты патогенных кишечных простейших | Число цист/50дм ³ | отсутствие | 13 | не обнаружено | не обнаружено | не обнаружено | МУК 4.2.2314-08 |
| 59 | Ооцисты криптоспоридий | Число цист/50дм ³ | отсутствие | 13 | не обнаружено | не обнаружено | не обнаружено | МУК 4.2.2314-08 |
| 60 | Ортофосфаты (фосфат-ионы) | мг/дм ³ | - | 12 | 0,028 | 0,118 | 0,072 | ГОСТ 18309 |
| 61 | Удельная суммарная α - радиоактивность | Бк/кг | ≤ 0,2 | 1 | менее 0,05 | менее 0,05 | менее 0,05 | МВИ |
| 62 | Удельная суммарная β - радиоактивность | Бк/кг | ≤ 1,0 | 1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | МВИ |
| 63 | Удельная радиоактивность Rn-222 | Бк/кг | ≤ 60 | 1 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | Методика |
| 64 | Кобальт | мг/дм ³ | ≤ 0,1 | 1 | менее 0,01 | менее 0,01 | менее 0,01 | ПНД Ф 14.1:2.4.139-98 |
| 65 | Магний | мг/дм ³ | - | 1 | 9,64 | 9,64 | 9,64 | ГОСТ 31869-2012 |
| 66 | Акриламид | мкг/дм ³ | ≤ 10 | 1 | менее 0,05 | менее 0,05 | менее 0,05 | НДП 30.1:2.126-2013 |
| 67 | Акриловая кислота | мг/дм ³ | ≤ 0,5 | 1 | менее 0,05 | менее 0,05 | менее 0,05 | НДП 30.1:2.116-2011 |
| 68 | Яйца гельминтов | Число яиц/50 дм ³ | отс. | 3 | не обнаружено | не обнаружено | не обнаружено | МУК 4.2.2314-08 |

Данные для определения водородного показателя в условиях насыщения воды карбонатом кальция:

Вычислим содержание кальция на основании имеющихся данных по показателям общей жёсткости и магния.

Исходя из данных, представленных в таблице 2.1:

- общая жёсткость равна: $J_0 = 3,6^\circ J = 3,6 \text{ мг} - \text{экв} / \text{л}$,
- содержание магния: $[Mg^{2+}] = 9,64 \text{ мг} / \text{дм}^3 = 9,64 \text{ мг} / \text{л}$. Для перевода мг/л в мг-экв/л необходимо разделить на эквивалентную массу ионов, которая для магния равна 12,16 г/моль, для кальция 20,04 г/моль.
 $[Mg^{2+}] = 9,64 \text{ мг} / \text{л} \cdot (12,16)^{-1} = 0,793 \text{ мг} - \text{экв} / \text{л}$.

Общая жёсткость равна сумме ионов кальция и магния:

$$J_0 = [Mg^{2+}] + [Ca^{2+}] \quad (2.2)$$

Из формулы 2.2 выражаем содержание кальция и получаем следующее выражение:

$$[Ca^{2+}] = J_0 - [Mg^{2+}] \quad (2.3)$$

Подставляя численные значения, получаем:

$$[Ca^{2+}] = 3,6 - 0,793 = 2,807 \text{ мг} - \text{экв} / \text{л} \cdot (20,04)^{-1} = 56,14 \text{ мг} / \text{л}$$

Таким образом, показатели для определения индекса насыщения карбонатом кальция, следующие:

- содержание кальция $[Ca^{2+}] = 56,14 \text{ мг} / \text{л}$;
- общее солесодержание (сухой остаток) $P = 0,32 / \text{л}$;
- щелочность $Щ = 1,99 \text{ мг} - \text{экв} / \text{л}$;
- температура $t = 9^\circ \text{C}$.

Определяем данный коэффициент по номограмме [39, рис.1]: $pH_s = 7,9$.

$J = 7,51 - 7,9 = -0,39$; сумма хлоридов и сульфатов составляет $98,15 \text{ мг} / \text{дм}^3$ – согласно [7] вода относится к 1 группе, коррозионная характеристика нагретой воды (при 60°C) – сильнокоррозионная (табл. 1.2). Важно отметить, что вода является мягкой (общая жесткость $1,8 \text{ ммоль} / \text{л}$, что находится в пределах $1,5 - 4 \text{ ммоль} / \text{л}$) и слабощелочной (водородный показатель $pH = 7,51$, что находится в пределах $7,5-8,5$).

Хлориды и хлорид-ионы, содержащиеся в воде, с которой работает теплообменник, особенно сильно увеличивают скорость протекания коррозии. С получающимися в процессе коррозии Fe^{3+} -ионами ионы хлора

образуют растворимые комплексы $FeCl_4^-$, что способствует ускорению окисления металла.

Нержавеющая сталь, из которой выполнены пластины теплообменников, чувствительна к коррозии хлорид-ионами, и в особенности к контактной коррозии, когда поражение металла происходит за счет окисления ионами хлора в местах образования отложений на пластинах теплообменника.

На практике хлорид-ионы, которые могут содержаться в теплоносителе в минимальном количестве, могут разрушать защитную пленку и взаимодействовать непосредственно с металлом: как известно, хлор является сильнейшим окислителем, а в условиях повышенной температуры реакция только ускоряется.

Как правило, в поверхностных источниках вода имеет высокое содержание растворенного кислорода, который так же ускоряет процесс коррозии оборудования систем теплоснабжения и в условиях повышенной температуры увеличивает влияние.

Для процесса коагуляции в Автозаводском районе г. Тольятти на этапе водоподготовки в исходную воду добавляют реагент Al_2SO_4 (сульфат алюминия). В результате химических реакций в воде образуются ионы алюминия, которые впоследствии при нагревании воды в теплообменнике, могут откладываться на поверхности пластин, защитная пленка которых разрушена окислителями (хлорид-ионами и сульфатами).

Несмотря на то, что вода относительно мягкая, кальций, содержащийся в воде в среднем в количестве $56,14 \text{ мг/дм}^3$, так же имеет возможность откладываться на поверхности пластин.

Так же факторами образования отложений могут служить отсутствие или некачественно выполненное заземление (в данном случае возможно возникновение электрокоррозии).

Под влиянием электролитических процессов, которые протекают в коррозионно-активной среде, возможно образование коррозии теплообменников и их пластин:

$4 \cdot Fe + 3 \cdot O_2 + 6 \cdot H_2O \rightarrow 4 \cdot FeO(OH) \cdot H_2O$ – данный процесс характеризует коррозию в воде.

Таким образом, если говорить о коррозии теплообменников, то по факту имеется ввиду коррозия пластин теплообменника. Электролитом по мере осуществления коррозионных процессов выступает вода. При проведении сварочных работ возможно образование «блуждающих токов», которые могут проходить через пластины теплообменника и способствовать увеличению скорости коррозии пластин теплообменника. Таким же образом на скорость влияет и наличие в воде растворенных электролитов.

Известно, что электрохимическая коррозия, протекающая в электролите, при взаимодействии электролитической среды и некоего металла, например пластины теплообменника, способна протекать в десятки раз быстрее в том случае, если объект коррозии подвергается воздействию так называемых блуждающих токов.

Стоит отметить, что чаще всего коррозия пластин и разрушение прокладок теплообменника вызвано элементарным отсутствием сервиса и очистки теплообменника, то есть теплообменник промывается и очищается гораздо реже, чем это необходимо, а водоподготовка отсутствует, либо не справляется со своими функциями.

Исходя из анализа системы горячего водоснабжения, можно сделать вывод, что отсутствие надлежащей водоподготовки и наличие вышеописанных факторов (сильнокоррозионной воды) повлияли на дальнейшее зарастание теплообменников. Как видно по рис. 2.13 – 2.16 отложения так же имеют характер минеральных типа, исходя из чего можно предположить о том, что фильтры, установленные в ИТП, не справляются с улавливанием минеральных частиц.

2.5 Выводы по главе 2

Анализ системы горячего водоснабжения показал, что проблема загрязнения закрытой системы водоснабжения является актуальной. В большинстве случаев из-за отсутствия определенных требований в ФЗ «О Теплоснабжении» в тепловых пунктах не предусматривают подготовку воды, поступающей в теплообменник. В результате возникает необходимость исследования системы и причин появления отложений и/или коррозии, а также разработки рекомендаций по устранению недостатков смонтированных систем.

По результатам анализа системы горячего водоснабжения жилого дома, расположенного в Автозаводском районе г. Тольятти, можно выделить основные причины выхода из строя теплообменного оборудования:

1. Вода, поступающая в теплообменник, является сильнокоррозионной.
2. Наличие в воде хлорид-ионов, сульфат-ионов и растворенного кислорода.
3. Наличие в воде алюминия.
4. Содержание кальция в воде в среднем в количестве 56,14 мг/ дм³.
5. Отсутствие или некачественно выполненное заземление.
6. Отсутствие сервиса и очистки теплообменника.

В связи с вышеизложенным необходимо разработать рекомендации по совершенствованию систем горячего водоснабжения.

Глава 3 РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

3.1 Совершенствование схемы системы горячего водоснабжения

Выбор оборудования водоподготовки. Согласно исследованиям предыдущей главы, в исходной хозяйственно-питьевой воде, поступающей в теплообменник, содержится определенное количество нежелательных элементов: хлорид-ионы, сульфат-ионы, алюминий, кальций, растворенный кислород. Данные вещества способствуют образованию коррозии и отложений на внутренней поверхности оборудования закрытой системы теплоснабжения.

Для удаления из воды данных веществ необходимо предусмотреть включение в схему приготовления горячей воды элементов водоподготовки непосредственно перед теплообменным оборудованием в индивидуальном тепловом пункте. С данной задачей может справиться следующее оборудование:

1. Установка системы обратного осмоса, которая позволит избавиться от ионов хлора, солей жесткости, тяжелых металлов, нефтепродуктов, механических частиц, органических соединений, а так же бактерий и вирусов, что так же является немаловажным моментом подготовки горячей воды, поступающей к потребителям для хозяйственно-бытовых нужд. Для дегазации рекомендуется установка блочного вакуумного деаэрата, для которого температура деаэрируемой воды должна находиться в пределах 0-70°C по рекомендациям производителя, или мембранного дегазатора.

2. Установка угольного фильтра, устройства магнитной обработки воды и блочного вакуумного деаэрата/мембранного дегазатора.

В таблице 3.1 рассмотрены преимущества и недостатки, возможности и угрозы (SWOT-анализ) предложенного оборудования.

Таблица 3.1 – SWOT-анализ

| Оборудование | Достоинства | Недостатки | Возможности | Угрозы | Стоимость (условная производительность 1 м ³ /ч) |
|-----------------------------|---|---|--|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Оборудование очистки | | | | | |
| Система обратный осмос | 1. Хорошо очищают воду от металлов, бактерий, вирусов, микроорганизмов, а также органических и неорганических химических веществ. | 1. Высокие эксплуатационные расходы на содержание: порядка 75% воды при очистке обратным осмосом сбрасывается в дренажную систему и лишь оставшиеся 25% поступают в систему водоснабжения. 2. Высокая стоимость. 3. Требуется обслуживания и замены картриджей. | Использование современных технологий. | Низкая рентабельность. Низкий спрос. | 145 000 руб. |
| Угольный фильтр | 1. Невысокая стоимость. | 1. Не удаляет большинство неорганических химических веществ, растворенных тяжелых металлов (например, свинец) или биологические загрязнения. 2. Требуется обслуживания. | Высокая рентабельность. Повышенный спрос. | Падение спроса с развитием новых технологий. | 32 000 руб. |

продолжение табл. 3.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|---|--|---|--|--------------------|
| <p>Установка магнитной обработки воды</p> | <p>1. Разрыхляет уже существующие отложения, даже самые твердые, и способствует их выводу из трубопроводов. 2. Воздействует на воду в пределах нескольких метров, а не только в зоне установки. 3. Уменьшаются затраты на обслуживание систем очистки. 4. Увеличивается КПД приборов и их теплоотдача. 5. Повышается эксплуатационный срок водогрейного оборудования, паровых котлов и другой техники. 6. Высокий срок эксплуатации. 7. Не требует обслуживания. 8. Не требует расходных материалов.</p> | <p>1. Возможно выпадение в осадок отложений и солей жесткости.</p> | <p>Использование современных технологий. С расширением производства, возможно повышение рентабельности и снижение стоимости. Повышение спроса за счет снижения эксплуатационных затрат.</p> | <p>Недоверие к технологии обработки воды со стороны некоторого круга общества.</p> | <p>14 500 руб.</p> |
| <p>Вывод: по результатам технико-экономического анализа оборудования системы водоподготовки наиболее целесообразен выбор схемы №2: угольный фильтр и устройство магнитной обработки воды. Данный вариант является выгодным не только по экономическому расчету, но и имеет больший ряд преимуществ.</p> | | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------------|--|--|---------------------------------------|---|--------------|
| Оборудование дегазации | | | | | |
| Блочный вакуумный деаэратор | <p>1. Простота монтажа и эксплуатации.</p> <p>2. Позволяет в автоматическом режиме поддерживать стабильное давление в системе.</p> <p>3. Отсутствие химических реагентов в процессе дегазации.</p> <p>4. Энергоэффективная и экономичная работа.</p> | <p>1. Возможность присоса воздуха.</p> <p>2. Значительные габариты.</p> <p>3. Высокая стоимость.</p> <p>4. Необходимость установки вакуумного деаэратора на высоте не менее 16 м, что обеспечивает необходимую разницу давлений между разряжением в деаэраторе и атмосферным давлением или необходимость использования промежуточного бака запаса деаэрированной воды – деаэраторного бака и насосов подачи деаэрированной воды (т.к. температура воды в вакуумном деаэраторе ниже 100 °С и давление в вакуумном деаэраторе ниже атмосферного, возникает проблема при проектировании и эксплуатации вакуумного деаэратора – как подать деаэрированную воду далее в систему теплоснабжения)</p> | Использование современных технологий. | <p>Понижение спроса за счет повышенных эксплуатационных затрат.</p> <p>Низкая рентабельность.</p> | 318 000 руб. |

продолжение табл. 3.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------------------------|--|---|--|---|---------------------|
| <p>Модуль мембранного дегазатора</p> | <p>1. Модульный дизайн позволяет изменять производительность установок и степень извлечения газа как в меньшую, так и в большую сторону в зависимости от потребностей. 2. Небольшие эксплуатационные затраты. 3. Компактность и небольшой вес. 4. Простота монтажа и эксплуатации. 5. Отсутствие химических реагентов в процессе дегазации. 6. Отсутствие прямого контакта фаз (газа и жидкости) и связанных с этим проблем смешения и необходимости дальнейшего разделения. 7. Отсутствие вторичного микробного загрязнения</p> | <p>1. Не распространено использования в отечественной практике.</p> | <p>Получение высокого качества воды. Повышение спроса за счет снижения эксплуатационных затрат. Использование современных технологий. С расширением производства, возможно повышение рентабельности и снижение стоимости.</p> | <p>При высоком уровне загрязнении воды, возможен выход из строя мембраны.</p> | <p>150 000 руб.</p> |

Вывод: по результатам технико-экономического анализа оборудования системы дегазации наиболее целесообразен выбор модуля мембранного дегазатора.

Принцип работы подобранного оборудования. Таким образом, схема водоподготовки складывается из следующего оборудования: установка магнитной обработки воды, автоматический угольный фильтр и мембранный дегазатор.

В блоке подготовки горячей воды на вводе холодного трубопровода вода проходит на начальном этапе через устройство магнитной обработки воды (рис. 3.1). Магнитная водоподготовка – это способ очищения воды от лишнего включения солей кальция и магния путем влияния магнитного поля на форму кристаллов солей жесткости. Основное влияние на кристаллы солей производит силовое магнитное поле, создаваемое магнитом. Под его влиянием в толще воды образуются центры кристаллизации или ядро конденсации карбонатной жесткости. Под воздействием магнитного силового поля соли переходят в форму кристаллических пластин. Эти центры не могут оседать на поверхностях оборудования. Накапливая вес, они становятся тяжелыми и выпадают в осадок. Осадок не прилипает к поверхностям, а образует хлопья. Поэтому его так легко вымыть из оборудования.

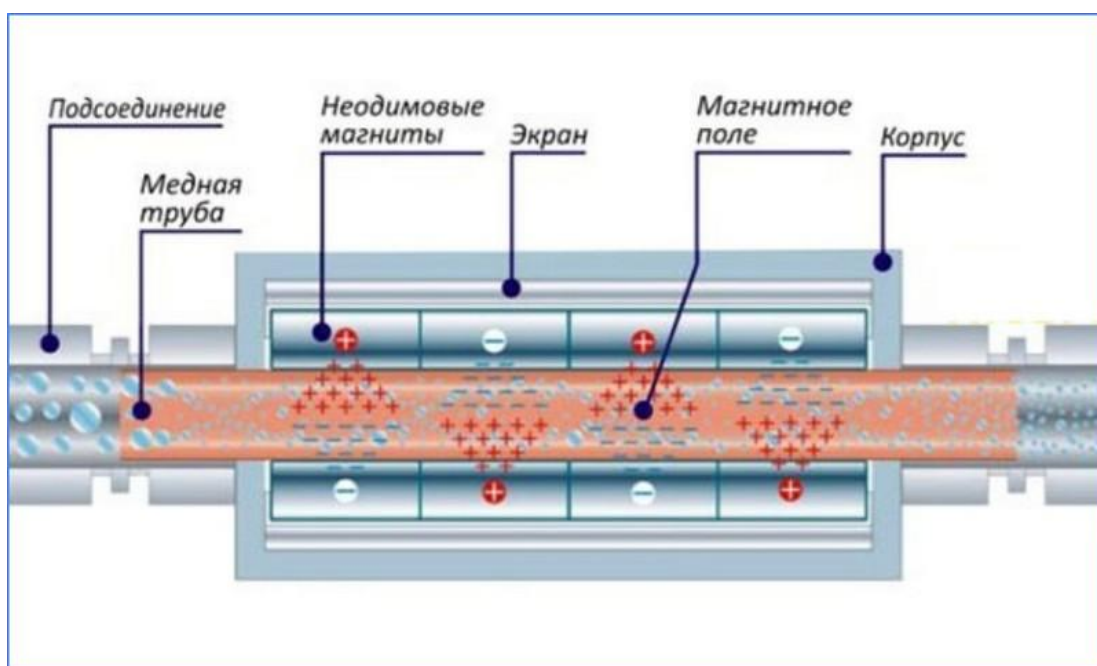


Рисунок 3.1 – устройство магнитной обработки воды

Далее намагниченная вода проходит очистку через автоматический угольный фильтр (принципиальная схема представлена на рис 3.2).

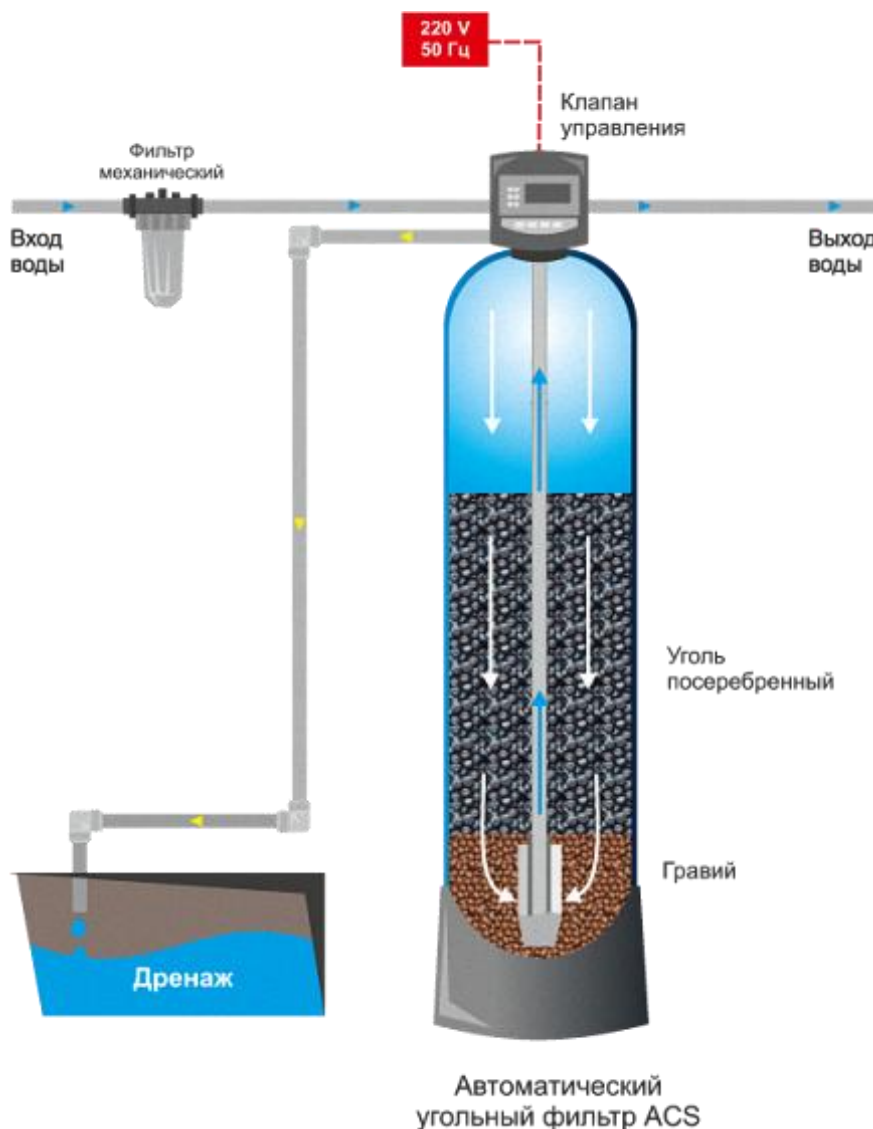


Рисунок 3.2 – принципиальная схема автоматического угольного фильтра

В устройстве автоматических очистителей широко распространено использование кокосового угля, поскольку его не требуется дополнительно засыпать. Он очищает воду методом обратного тока жидкости.

Внутри пластикового корпуса помещают распределительный баллон. Поступление воды происходит вначале в фильтр, где она должна пройти сквозь угольный слой.

В этом время углем поглощаются опасные вещества, устраняются запахи и убирается цветность жидкости. После этого вода поступает в

водопроводы для потребления, либо ей необходимо пройти следующий этап очистки.

При уменьшении положительных характеристик фильтра он проходит автоматическую регенерацию. Промывается фильтр с помощью обычной проточной воды. Грязная вода попадает в дренажную систему. При этом специалисты не советуют пользоваться фильтром в период промывки. Поэтому чаще всего такая процедура проводится по ночам, чтобы не приносить неудобства пользователям.

Далее очищенная и дехлорированная вода поступает в мембранный дегазатор. Мембранной дегазацией воды называется процесс удаления растворенных в воде газов с помощью специальной пористой мембраны, проницаемой для газов, но непроницаемой для воды.

Принцип действия мембранных контакторов состоит в диффузионном переносе растворенных газов (кислорода и/или углекислоты) в поток инертного газа-носителя или вакуум через поры гидрофобной мембраны по градиенту химического потенциала. Мембрана в данном случае организует поверхность раздела фаз и играет роль барьера для воды (вода не проходит через мембрану, т.к. она не смачивается) и позволяет развить большую межфазную поверхность. Для наибольшей плотности упаковки мембран используются модули с полволоконными микропористыми мембранами (рис.3.3).

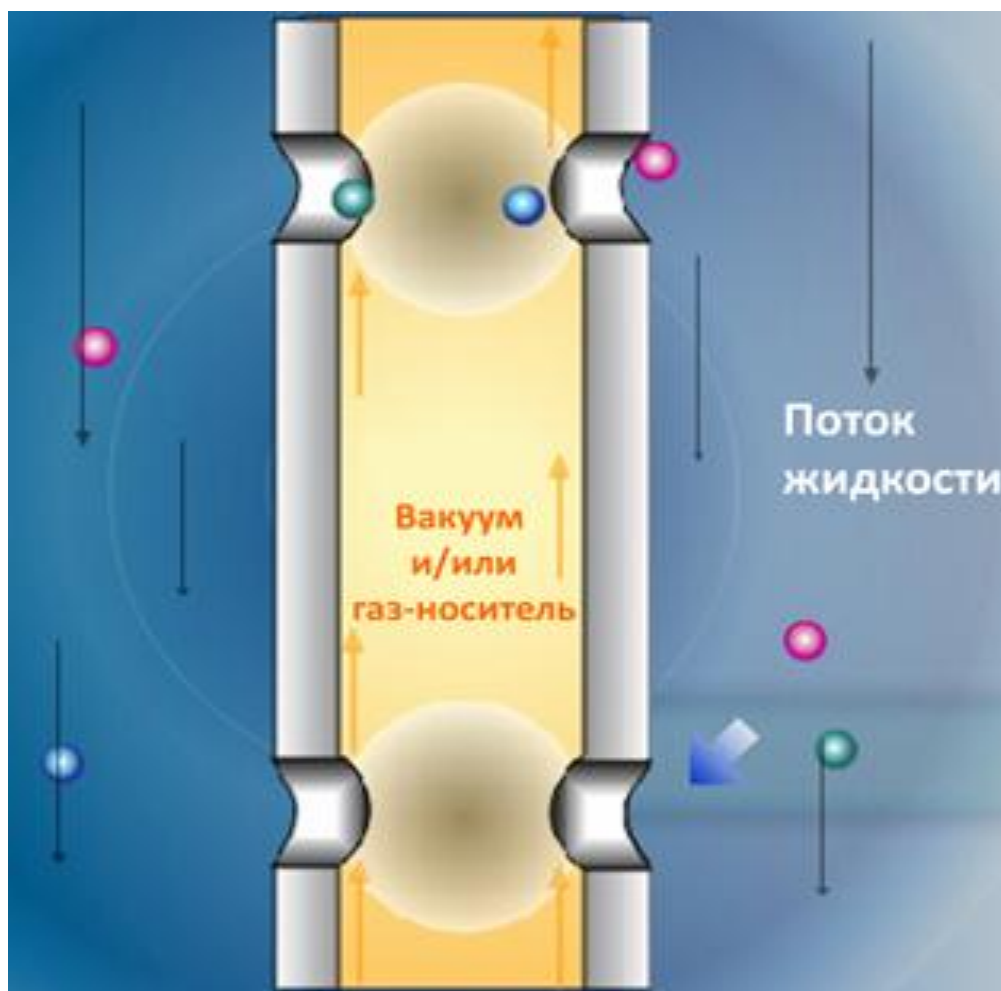


Рисунок 3.3 – принцип действия мембранного дегазатора

Так же необходимо обеспечить заземление оборудования с последующей проверкой качества заземления.

Таким образом, важно понимать, что качественная водоочистка, установленная в котельной, ИТП или ЦТП, включающая колонны умягчения, дехлорирования и дегазации воды, может существенно продлить жизнь теплообменнику, замедлив коррозионные процессы.

Использование качественной водоочистки может:

- снизить скорость коррозии пластин теплообменника;
- снизить скорость накопления отложений на пластинах теплообменника;
- снизить скорость разрушения уплотнений теплообменника.

3.2 Обслуживание систем горячего водоснабжения

Внедрение периодического обслуживания ИТП позволит сэкономить бюджет на замене изношенного оборудования, так как осуществление осмотра, профилактики и замены изношенных деталей гораздо дешевле, чем ремонт или покупка новой установки. На теплообменное оборудование оказывает воздействие целый комплекс внешних и внутренних раздражителей.

Главные факторы, негативно отражающиеся на работе пластинчатых теплообменных аппаратов:

- коррозия под действием окислителей, агрессивных газообразных веществ, биологических микроорганизмов, электричества и напряжения;
- эрозия, вызванная механическими примесями и высокой скоростью движения жидкости;
- фрикционный износ из-за сильной вибрации;
- воздействие высоких температур на металл.

Без устранения последствий пластинчатая конструкция быстро выйдет из строя, снизит эффективность и увеличит расход ресурсов. Несвоевременное обслуживание обычно проявляется в виде проблем:

- ограничение тепловыделения;
- снижение коэффициента производительности;
- увеличение расхода сырья и топлива.

Обслуживание, ремонт теплообменников – комплекс мероприятий по профилактике и устранению неисправностей, восстановлению работоспособности системы. Он включает в себя следующие операции:

- техническое обслуживание механизма;
- составление и соблюдение оптимального графика капитальных и текущих ремонтных мероприятий;

- использование современного оборудования и методик для диагностики и устранения неисправностей;
- модернизация технических средств;
- контроль результата технического обслуживания путем анализа ключевых показателей до и после ремонтных операций.

Техническое обслуживание теплообменника позволяет поддерживать технические показатели на оптимальном уровне: высокий КПД и производительность, низкий расход топлива, экономичность. Оно способствует предотвращению появления коррозии и механических повреждений. В ходе работ специалисты решают задачу по изменению конструкции для улучшения характеристик: эффективности, надежности, экономичности.

Своевременное техническое обслуживание теплообменников, диагностика неисправностей и замена изношенных компонентов – залог длительной и стабильной работы пластинчатого теплообменника.

Периодичность ремонтных мероприятий определяется индивидуально и зависит от факторов: агрессивность рабочей среды, интенсивность работы оборудования, воздействие давления и температуры, материал изготовления и его физико-химические характеристики, срок службы прибора. Не допускается проводить обслуживание реже, чем один раз в год.

Таким образом, для систем теплоснабжения с использованием теплообменного оборудования, должно предусматриваться обслуживание ИТП и периодическая промывка теплообменника.

3.3 Выбор источника водоснабжения

Подготовка воды питьевого качества из поверхностного источника Автозаводского района г. Тольятти требует обеззараживания (хлорирования), которое в свою очередь негативно влияет на внутреннюю поверхность оборудования и трубопроводов, а также ряда последовательной обработки воды. При этом в данном случае можно говорить только о качестве воды, соответствующей питьевому, однако этот перечень водоподготовки не обеспечивает качество, необходимое для теплообменного оборудования, где предъявляются более высокие требования.

Использование артезианских вод позволяет сократить ряд задач по подготовке воды, как для питьевого водоснабжения, так и для работы с теплообменником, в связи с чем более целесообразно использование подземных источников. Данное решение позволит исключить из этапов подготовки воды как хлорирования, так и дехлорирования.

Согласно СП 41-101-95 «Как правило, не допускается использование исходной воды с перманганатной окисляемостью более 5 мг/дм³ для нужд горячего водоснабжения» [22].

В Автозаводском районе г. Тольятти согласно табл.2.1 среднее значение перманганатной окисляемости 4,65 мг/дм³, а максимальное 5,5 мг/дм³. Перманганатная окисляемость в сочетании с хлором может образовывать вредные для организма вещества. Данный показатель характеризует в воде наличие органических (бензин, керосин, фенолы, пестициды и др.) и окисляемых неорганических веществ (соли Fe²⁺, нитриты, сероводород).

Значение перманганатной окисляемости выше 2 мг/дм³ свидетельствует о содержании в воде легко окисляющихся органических соединений, многие из которых отрицательно влияют на печень, почки, репродуктивную функцию организма. При обеззараживании такой воды хлорированием образуются хлороформ, четыреххлористый углерод,

бромформ и так далее, значительно более вредные для здоровья человека, чем сам хлор.

При превышении перманганатной окисляемости значения 2 мг/дм^3 , а тем более 5 мг/дм^3 при анализе пробы воды, то требуется очистка от органических соединений исследуемой воды.

Очистка в таком случае осуществляется двумя способами:

1. извлечением из воды путем сорбции через угольный фильтр и с помощью мембран;
2. окислением (разрушением) до углекислого газа и воды с помощью хлора, кислорода, озона и жесткого ультрафиолетового облучения.

При применении подземных источников отсутствие такого этапа водоподготовки, как хлорирование, позволяет не только сэкономить на очистном оборудовании, но и предупредить возникновение многих заболеваний у населения.

Так же положительным моментом перехода на подземный источник в Автозаводском районе г. Тольятти является неглубокое залегание водоносных слоев. Это позволит сэкономить как на бурении скважин, так и при их эксплуатации (экономичная работа насосного оборудования).

3.4 Предложения по внесению изменений в ФЗ №190 «О теплоснабжении»

Согласно статье 29 «Заключительные положения» ФЗ №190 «О теплоснабжении» п.8 «С 1 января 2013 года подключение (технологическое присоединение) объектов капитального строительства потребителей к централизованным открытым системам теплоснабжения (горячего водоснабжения) для нужд горячего водоснабжения, осуществляемого путем отбора теплоносителя на нужды горячего водоснабжения, не допускается. (часть 8 введена Федеральным законом от 07.12.2011 N 417-ФЗ (ред. 30.12.2012))» и п.9 «С 1 января 2022 года использование централизованных открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) для нужд горячего водоснабжения, осуществляемого путем отбора теплоносителя на нужды горячего водоснабжения, не допускается. (часть 9 введена Федеральным законом от 07.12.2011 N 417-ФЗ)» [24].

Таким образом, в тексте требований Федерального Закона по переходу от открытых систем теплоснабжения к закрытым отсутствуют требования по подготовке воды непосредственно в тепловом пункте с соответствием качества, обеспечивающего надежную работу теплообменного оборудования.

В связи с вышеизложенным рекомендуется внести корректировки в Федеральный Закон №190: необходимо внедрить регламентированные требования по водоподготовке непосредственно в тепловых пунктах для обеспечения бесперебойной работы теплообменников или указать ссылки на нормативные документы, в которых указаны требования по водоподготовке перед теплообменным оборудованием и рекомендации по подбору элементов водоподготовки. Данные требования и рекомендации представлены в таких источниках как [22], [29], [30], [40].

3.5 Выводы по главе 3

В данной главе разработаны рекомендации по совершенствованию закрытых систем горячего водоснабжения, а именно:

- предложены методы подготовки воды перед теплообменником, проведен анализ предложенных методов очистки и по результатам анализа выбран оптимальный вариант водоподготовки;
- рекомендовано внедрение системы мониторинга состояния загрязненности поверхности пластин теплообменника и осуществление периодической промывки теплообменника;
- предложен альтернативный вариант решения проблемы – использование подземных источников водоснабжения;
- разработаны рекомендации по корректировке Федерального Закона.

Данные пути решения позволят увеличить срок службы индивидуального теплового пункта и сэкономить средства на замене нового оборудования, которое может быть подвержено многочисленным негативным факторам и испорчено за короткий срок эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, цель данной работы, а именно определение факторов, отрицательно влияющих на оборудование системы горячего водоснабжения в жилом доме Автозаводского района г. Тольятти при переходе на закрытую систему водоснабжения, и разработка рекомендаций по совершенствованию систем горячего водоснабжения, была достигнута.

Для достижения указанной цели были решены поставленные задачи:

1. Литературный обзор показал, что существует множество различных систем теплоснабжения и вариантов способов подключения горячего водоснабжения. Однако, как правило, в каждом варианте приготовления горячей воды есть проблемы, связанные с коррозией и накипью, особенно в закрытых системах горячего водоснабжения. Так, были рассмотрены общие причины образования коррозии и накипи.
2. Анализ систем горячего водоснабжения позволил сделать вывод о том, что проблемы с закрытыми системами горячего водоснабжения являются распространенными. Каждый случай необходимо рассматривать индивидуально и в первую очередь анализировать исходную воду, поступающую в водоподогреватель. Так же данная задача позволила выявить конкретные факторы, повлиявшие на загрязнение закрытой системы горячего водоснабжения в жилом доме, расположенном в Автозаводском районе г. Тольятти.
3. В заключении данной работы разработаны рекомендации по совершенствованию систем горячего водоснабжения: подобрано оптимальное оборудование водоподготовки перед теплообменником, рекомендовано введение обслуживания оборудования ИТП, предложен альтернативный вариант решения проблемы – использование подземных источников водоснабжения, разработаны рекомендации по корректировке Федерального Закона.

Основные положения диссертации опубликованы в 2 статьях автора:

1. Коробцова П.С., Шагиева Г.Д. Исследование водно-химического режима химводоочистки в котельной // Научно-практическая конференция «Студенческие дни науки в ТГУ» г. Тольятти, 2-27 апреля 2018 Сборник студенческих работ. – Тольятти, 2018. – С.4-6.
2. Шагиева Г.Д. Оценка состояния трубопроводов ГВС при переходе на закрытую систему теплоснабжения в Автозаводском районе г. Тольятти // Научно-практическая конференция «Студенческие дни науки в ТГУ» г. Тольятти (статья находится в стадии опубликования).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковтун, С.В. Инженерное оборудование зданий: курс лекций / С.В. Ковтун – Макеевка, 2003. – 28 с.
2. Система горячего водоснабжения: способы организации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://domoved.msk.ru/vodosnabzhenie/goryachee-vodosnabzhenie/cistema-goryachego-vodosnabzheniya-sposobyi-organizatsii.html>
3. СанПиН 4723-88 Санитарные правила устройства и эксплуатации систем централизованного горячего водоснабжения – М., 1988. – 7 с.
4. Шарапов, В.И. Открытые системы теплоснабжения приказали долго жить / В.И. Шарапов // Новости теплоснабжения. – 2012. - №10. – С. 146-164.
5. Гужулев, Э. П. Водоподготовка и водно-химические режимы в теплоэнергетике: Учебное пособие / Э.П. Гужулев, В.В. Шалай, В.И. Гриценко, М. А. Таран – Омск : ОмГТУ, 2005. – 384 с.
6. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети / Е. Я. Соколов. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : МЭИ, 2001. – 472 с.
7. Шафлик, В. Современные системы горячего водоснабжения / В. Шафлик – К. : ДП ИПЦ «Такісправи», 2010. – 316 с.
8. Farag, Abd El Salam Abd El Aleem Corrosion and Scale Formation Problems in Water Systems / Farag Abd El Salam Abd El Aleem, Ibrahim S. Al-Mutaz, Ahmed Al-Arifi // The 2011 International Conference on Water, Energy, and the Environment, American University of Sharjah. – 2011. – P. 1-6.
9. El-Dhshan, M.E. Corrosion and Scaling Problems Present in Some Desalination Plants in Abu-Dhabi / M.E. El-Dhshan // Desalination Journal. – 2001. – P. 371-377.
10. Schock, M.R. Internal Corrosion and Deposition Control / M.R. Schock, F. W. Pontius // Water Quality and Treatment Hand Book. – 1999. – P. 1-17.

11. Epstein, N. Fouling: Technical Aspects / N. Epstein, E.F.C. Somerscales, J.G. Knudsen // Fouling of Heat Transfer Equipment. – 1981. – P. 31.
12. Акользина, А. В. Разработка комплекса экологически безопасных методов борьбы с коррозией (на примере защиты подземных трубопроводов тепло- и водоснабжения): дис. ... канд. тех. наук: 25.00.36 / Акользина Алла Викторовна – М., 2004. – 137 с.
13. Основные причины разрушения составных частей пластинчатых теплообменников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://prochistka.su/osnovnyye-prichiny-razrusheniya-sostavnyh-chastej-plastinchatyh-teploobmennikov/>
14. РД 34.37.506-88 Методические указания по водоподготовке и водно-химическому режиму водогрейного оборудования и тепловых сетей (с Изменением N 1). Руководящий документ. Переиздание. – М. : ВТИ, 1996. – 49 с.
15. Методические рекомендации по определению технического состояния систем теплоснабжения, горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и водоотведения [Электронный ресурс]. – Введ. 2012.-04.-25. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902351351>
16. Ажай, К. М. Application of Nanotechnology in Water Research / К.М. Ажай // Wiley-Scrivener. – 2014. – P. 1-15.
17. Наумов, А.Л. Тенденции развития теплоснабжения в России / А.Л. Наумов // АВОК. – 2001. - №6. – С.4-10.
18. Кочин, А. Централизованное ГВС / А. Кочин // Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ. – 2011. – №4. – С. 9-15.
19. Теплоснабжение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Теплоснабжение>
20. Шарапов, В.И. Абонентские тепловые пункты городских систем теплоснабжения / В.И. Шарапов // Новости теплоснабжения. – 2015. - №11. – С. 183-196.

21. Плачкова, С.Г. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики / С.Г. Плачков, И.В. Плачков и др. - 3-е изд., перераб. и доп. – К. : Энергетика: история, настоящее и будущее, 2012. – 728 с.
22. СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов. – М. : Издание официальное, 1996. – 79 с.
23. Колесников, А.Н. О переходе от открытых систем теплоснабжения и ГВС к закрытым (в трактовке 190-ФЗ) / А.Н. Колесников // Новости теплоснабжения. – 2014. - №11. – С. 171-183.
24. Федеральный закон от 27 июля 2010 года № 190-ФЗ «О теплоснабжении» // СЗ РФ. – 2010. – № 190.
25. Федеральный закон от 7 декабря 2011 года № 417-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона "О водоснабжении и водоотведении" (с изменениями и дополнениями) // СЗ РФ. – 2011. – № 417.
26. Постановление Правительства РФ от 29 июля 2013 года № 642 "Об утверждении Правил горячего водоснабжения и внесении изменения в постановление Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2006 г. N 83" (с изменениями и дополнениями) // СЗ РФ. – 2013. – № 642.
27. Распоряжение Правительства РФ от 13 ноября 2009 года №1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года» // СЗ РФ. – 2009. – № 1715-р.
28. Шваб, В.В. Обеспечение качества горячей воды / В.В. Шваб // IV Конференция «Современные технологии водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования». Сборник докладов. – М. : МВЦ «ЭКСПОЦЕНТР», 2011. – С.84-87.

29. СанПиН 2.1.4.2496-09 Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Изменение к СанПиН 2.1.4.1074-01. – М. : Издание официальное, 2009. – 17 с.
30. СП 124.13330.2012 Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003. – М. : Издание официальное, 2012. – 74 с.
31. Пластинчатый теплообменник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aquagroup.ru/reviews/plastinchatyy-teploobmennik.html>
32. Устройство и принцип работы пластинчатого теплообменника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://engineering-ru.livejournal.com/266367.html>
33. Жаднов, О. В. Пластинчатые теплообменники – дело тонкое / О.В. Жаднов // Новости теплоснабжения. – 2015. - №1. – С. 75-92.
34. Барон, В. Г. Легенды и мифы современной теплотехники или пластинчатые и кожухотрубные теплообменные аппараты / В.Г. Барон // Новости теплоснабжения. – 2004. – № 8. – С. 38-42.
35. Дрейцер, Г. А. О некоторых проблемах создания высокоэффективных трубчатых теплообменных аппаратов / Г.А. Дрейцер // Новости теплоснабжения. – 2004. – № 5. – С. 37-43.
36. Михеев, М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – М. : Энергия, 1973. – 320 с.
37. Слепченко, В.С. Отопительные котельные малой мощности / В.С. Слепченко, В.Д. Быстров, М.Л. Зак, Е.Л. Палей // Новости теплоснабжения. – 2004 г. – № 9. – С. 24-33.
38. Тарадай, А.М. Контроль качества химической промывки от загрязнения теплообменных аппаратов / А.М. Тарадай, Л.М. Коваленко, Е.П. Гурин // Новости теплоснабжения. – 2002 г. – № 10. – С. 47-49.
39. СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения (с Изменением N 1, с Поправкой). – М. : Издание официальное, 1985. – 39 с.

40.СТО 70238424.27.060.003-2008 Тепловые пункты тепловых сетей.
Условия создания. Нормы и требования. – М. : Издание официальное,
2008. – 64 с.