

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Центр

Центр инженерного оборудования

(наименование)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки)

Водоснабжение и водоотведение городов и промышленных предприятий

(направленность (профиль))

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему

Совершенствование методов защиты трубопроводов

ЦТП и насосных станций от аварий

Обучающийся

А.П. Чирков

(инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный

руководитель

канд. техн. наук, доцент, И.А. Лушкин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), инициалы Фамилия)

Тольятти 2025

## Оглавление

Введение.....	3
Глава 1 Защита трубопроводов насосных станций, находящихся в длительной эксплуатации .....	6
1.1 Анализ Существующих технологических решений проблем трубопроводов систем водоснабжения.....	6
1.2 Защита трубопроводов различными лакокрасочными покрытиями .....	16
Глава 2 Изменение внешних условий эксплуатации трубопроводов холодной воды ЦТП и насосных станций .....	27
2.1 Анализ возникновения коррозии на трубопроводах при появлении конденсата.....	27
2.2 Возможные направления изменения внешних параметров микроклимата для предотвращения выпадения конденсата на трубопроводах .....	32
Глава 3 Применение теплоизоляционных покрытий трубопроводов .....	37
3.1 Эксплуатационные проблемы защиты трубопроводов.....	37
3.2 Проблемы разрушения трубопроводов при длительной эксплуатации .....	49
3.3 Разработка мероприятий защиты трубопроводов от аварий с использованием инновационного материала – жидкой теплоизоляции .....	50
3.4 Способы нанесения жидкого теплоизоляционного покрытия.....	57
3.5 Рекомендации по применению методов защиты и увеличению срока службы трубопроводов холодной воды .....	61
Заключение .....	65
Список используемой литературы и используемых источников.....	66

## Введение

Актуальность работы. В настоящее время в связи со старением проложенных трубопроводов в них возникает множество повреждений затрудняющих, либо делающих невозможным бесперебойное снабжение населения и промышленности холодной водой. Также аварии водопроводов создают опасность для жизни и здоровья людей.

С повышением стоимости замены трубопроводов и дорожных работ в условиях увеличения интенсивности дорожного движения, бестраншейные технологии восстановления работоспособности трубопроводов являются желательным как с точки зрения экономичности, так и защиты окружающей среды.

В конце 60-х годов была внедрена первая технология реновации трубопроводов путём протаскивания гибкой пластиковой трубы внутри старого трубопровода. Благодаря этой технологии стало возможным использовать новые варианты устранения утечек в соединениях, а также эффективно прокладывать новую долговечную трубу внутри существующей. С тех пор произошло значительное развитие таких технологий, и появились новые методы восстановления с использованием пластиковых труб. [2].

Указанные методы восстановления неприменимы для работ в условиях отсутствия несущего грунта, сложной конфигурации трубопроводов и большого количества запорной, регулирующей арматуры, контрольно-измерительных приборов (КИП), насосов в насосных станциях (НС) и центральных тепловых пунктах (ЦТП).

Объект исследования:

Надёжность водоснабжения потребителей холодной воды от ЦТП и насосных станций в системах внутриквартального водоснабжения.

Предмет исследования:

Защита трубопроводов холодной воды ЦТП и насосных станций.

Цель работы:

Повышение надёжности трубопроводов холодной воды ЦТП и насосных станций.

Задачи работы:

- защитить трубопроводы холодной воды ЦТП и насосных станций, находящиеся в длительной эксплуатации.
- изменить внешние условия эксплуатации трубопроводов холодной воды ЦТП и насосных станций.
- разработать мероприятия защиты трубопроводов холодной воды от аварий с использованием инновационного материала – жидкой теплоизоляции.
- дать рекомендации по совместному применению рассмотренных методов защиты, производству работ, организационным мерам обеспечения правильных условий эксплуатации.

Методологической основой работы является комплексный подход.

Для решения поставленных задач применялись следующие методы:

- теоретические (анализ научно-методической литературы);
- практические методы (наблюдение, измерение, сравнение).

Научная новизна заключается в разработке комплекса методов защиты трубопроводов холодной воды ЦТП и насосных станций, находящихся в длительной эксплуатации.

Практическая значимость работы заключается в разработке подхода к выбору и применению методов защиты трубопроводов холодной воды в зависимости от условий эксплуатации.

Апробация работы. Основные положения опубликованы в одной работе автора: Молодежь. Наука. Общество – 2023: Всероссийская студенческая научно-практическая междисциплинарная конференция, Тольятти, 18–22 декабря 2023 года: сборник студенческих работ / отв. за вып. С.Х. Петерайтис. – Тольятти: Издательство ТГУ, 2023 – 1 оптический диск. – ISBN 978-5-8259-1668-2.

Личный вклад автора состоит в анализе существующих и перспективных методов защиты трубопроводов холодной воды в ЦТП и насосных станциях, практических наблюдениях за их состоянием, разработке метода оценки необходимых мер защиты, их совместного применения. Разработка технических и организационных мероприятий защиты трубопроводов от аварий.

Структура и объем диссертации.

Диссертация содержит введение, 3 главы, заключение и библиографию из 30 наименований. Объем работы включает в себя 70 страниц машинописного текста, 18 рисунков.

## **Глава 1 Защита трубопроводов насосных станций, находящихся в длительной эксплуатации**

### **1.1 Анализ Существующих технологических решений проблем трубопроводов систем водоснабжения**

Многочисленные варианты защиты магистральных трубопроводов должны соответствовать ГОСТ 51164-98 Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии [6]. Однако никакая защита не способна полностью исключить разрушение труб.

«В условиях современного города предупреждение старения и преждевременного выхода из строя подземных инженерных сетей водоснабжения и водоотведения, а также оптимальная локализация последствий их проявления становятся одними из главных задач служб эксплуатации коммунальных объектов подавляющего числа городов мира. Особую актуальность этот вопрос приобретает для городов России, где в коммунальном секторе старение подземных трубопроводных коммуникаций и другого оборудования различного назначения достигли критических уровней: более половины подземных трубопроводных коммуникаций исчерпали нормативный срок службы. При непринятии оперативных мер по повышению эффективности работы трубопроводных сетей, реновации и модернизации подземных трубопроводов ситуация может выйти из-под контроля с многочисленными последствиями для человека и окружающей природной среды городов и населенных пунктов» [13].

«Одним из превалирующих факторов негативной работы напорных трубопроводных сетей являются многочисленные дефекты: коррозия, свищи, нарушения в стыках, переломы, а безнапорных сетей – засоры, как следствие полученных повреждений, старение материала труб, изначальные заводские дефекты труб или их стыков, низкая культура пользования системой водоотведения и другие обстоятельства. Перечисленные и другие негативные

факторы, безусловно, требуют ускорения темпов реновации трубопроводных сетей, чтобы предотвратить переход системы из критического состояния в катастрофическое, однако возможности эксплуатирующих организаций далеко не всегда позволяют это сделать.

Основным подспорьем для решения проблем ремонта и обновления ветхих трубопроводных сетей является применение бестраншейных технологий реновации трубопроводов, в основе которых лежит использование различных внутренних покрытий (труб, облицовок, рукавов, бандажей, клеевых составов на основе органических смол и т.д.), которые рассматриваются в качестве эффективных ремонтных защитных оболочек, локализирующих многочисленные дефекты трубопровода (например, свищи, трещины, нарушения в стыках и т.д.) и предотвращающих явления инфильтрации грунтовых вод в трубопровод и эксфильтрации транспортирующихся жидкостей в природную среду» [13].

«Практика эксплуатации водопроводных сетей показала, что для выбора первоочередных объектов реновации защитными покрытиями из огромного числа потенциальных, а также оптимального планирования мероприятий по защите трубопроводов, в том числе для поддержания требуемых санитарно-гигиенических показателей питьевой воды, необходим научно-обоснованный подход, учитывающий комплексное воздействие на двухслойную конструкцию трубопровода внешних дестабилизирующих факторов. Решение комплексной задачи предотвращения раннего старения трубопроводов водоснабжения и водоотведения должно способствовать реализации долгосрочных социальных и экологических проблем, стоящих перед современным городом, а также отказу от стратегии «пожарной команды», характерной для коммунальных служб ряда современных крупных городов мира. Актуальность работы заключается прежде всего в её своевременности, т.е. в момент проведения в нашей стране реформы коммунального хозяйства и в частности, реновации и модернизации трубопроводного транспорта.

Результаты работы позволяют внести определённую лепту в решение данной задачи государственной важности» [13].

Вопросы реконструкции подземных магистральных трубопроводов достаточно хорошо изучены. В источнике [25] изложена стратегия модернизации водопроводной сети для г. Москва. Описаны вопросы управления потерями воды, пути важных, необходимых преобразований в управлении водоснабжением. Показана оценка выбора объектов для восстановления и необходимость использования новых технологий для этого. Представленные методы оценки рисков, выбора технологий и управления системой водоснабжения могут быть использованы для разработки аналогичной стратегии в любом городе.

Условия защиты магистральных трубопроводов представлены в ГОСТ 51164-98 «Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии» [6].

В статье «Тактика реновации водопроводных и водоотводящих сетей» [13] изложена оценка технического состояния трубопроводов. Описан выбор оптимального метода восстановления трубопровода бестраншейным способом. Алгоритм решения проблемы восстановления основывается на 2 составляющих: фактор ограничения по диаметру трубопровода и фактор оптимизации – какие повреждения могут быть оптимально отремонтированы конкретным методом бестраншейного восстановления.

Разработаны и успешно применяются несколько вариантов очистки, восстановления и замены трубопроводов. Очистка внутренней поверхности применяется при наличии отложений. Восстанавливающие покрытия используют при незначительных повреждениях. Реконструкция при помощи протягивания пластиковых труб внутри существующего трубопровода. Полная замена бестраншейным методом параллельно трассе имеющегося трубопровода прокладкой нового.

«На сегодняшний день существуют различные бестраншейных методы ремонта трубопроводов, поэтому бывает затруднительно принять правильное

решение, которое обеспечивало бы требуемое качество при минимальных затратах. Некоторыми из преимуществ использования бестраншейных методов ремонта трубопроводов считаются гибкость и скорость, которые позволяют владельцам трубопроводов экономить солидные финансовые средства.

К тому же следует учитывать и социально-экологический аспект, поскольку проведение земляных работ ограничено или вовсе отсутствует. Таким образом, исключается риск обрушения зданий, осадки фундаментов, смещения подземных сооружений, причинения повреждений производственным и жилым помещениям, нарушению движения транспорта, а также возникновения других причин, которые могут осложнить жизнь общества как физически, так и материально.

Вода является необходимым условием существования человека. Подача воды производится через системы подземных трубопроводных сетей. Именно на этих объектах необходимо предотвратить всевозможные утечки воды из трубопроводов, а также возможность попадания грунтовых вод в трубопроводы, независимо от того, идет ли речь о трубах, подающих воду на очистные станции, распределительном трубопроводе питьевой воды, коллекторе сточных вод, снабжающем водоочистные сооружения, либо о трубах, подающих воду непосредственно водопользователю.

Технология бестраншейного восстановления трубопроводов гарантирует, что подземные сети находятся в хорошем состоянии и выполняют свою основную задачу: поддерживают равновесие экосистемы и обеспечивают качество подаваемой воды из естественных водных источников» [10].

«В настоящее время в современном обществе очень важно быть уверенным в том, что подземные трубопроводы канализации, питьевой воды, отвода ливневых стоков, а также трубопроводы, транспортирующие нефть, газ и химические продукты, функционируют в оптимальном режиме. Ненадлежащее техническое обслуживание таких трубопроводов может

оказать отрицательное влияние на инфраструктуру, экологическую безопасность и экономику.

Многие муниципальные структуры поняли, какую выгоду приносит систематическое техническое обслуживание подземных трубопроводов. Поскольку проекты, выполнение которых охватывает и внутренние городские магистральные системы, получают широкое распространение, от их эффективности в значительной степени зависит возможность максимального сокращения затрат на выполнение проектов для крупных городов» [10].

«При реконструкции ответвлений с помощью бестраншейных методов восстановления тротуары, зеленые изгороди и садовые насаждения не страдают. Восстановление ответвлений можно выполнять при проведении восстановительных работ на магистральном трубопроводе.

Деформированные или поврежденные трубы могут быть восстановлены с помощью метода разрушения старого трубопровода. Существующие трубы заменяются новыми такого же или большего диаметра (если в этом есть необходимость).

В методе разрушения старого трубопровода используется пробойник, закрепленный на новой трубе. Он протягивается через существующую трубу, разрушает ее и заменяет ее новой полиэтиленовой трубой. Существуют различные типы пробойников, и выбор какого-то одного зависит от общего состояния грунта.

Метод «Труба в трубе» идеален для реконструкции напорных трубопроводов бестраншейными методами. Новая полиэтиленовая труба РЕН протягивается либо проталкивается в старый поврежденный трубопровод из траншеи, вырытой в начале дефектного участка трубопровода. Перед установкой новые участки труб свариваются друг с другом.

Использование метода «Труба в трубе» позволяет протягивать в старый трубопровод новые участки труб длиной в несколько сотен метров при минимальном объеме земляных работ. Применяется, в основном, для

реконструкции прямолинейных участков трубопроводов и водопроводных сетей большого диаметра» [10].

После прохождения магистральных трубопроводов вода поступает в ЦТП и насосные станции в жилой застройке откуда подаётся конечному потребителю. Согласно [1], невозможно экономично и безаварийно эксплуатировать насосные станции водоснабжения без применения самых современных методов защиты оборудования и трубопроводов.

«Для повышения эффективности работы насосных станций следует оптимизировать подбор марки и количества насосных агрегатов, своевременно выявлять причины высокого удельного водопотребления и проводить работы по его снижению. Прежде всего, необходимо минимизировать потери воды во внутриквартальных сетях и снизить удельное водопотребление населением» [1].

В источнике [7] «Трубопроводы систем жизнеобеспечения ЖКХ как объекты пристального внимания» особое внимание уделено комплексному подходу к решению проблем водоснабжения.

«Современное техническое состояние трубопроводных систем ЖКХ достигло критической отметки. Физический и моральный износ существующих трубопроводов выдвигает настоятельную необходимость на основе учета отечественного и зарубежного опытов разработать стратегию создания нового поколения трубопроводов для их надежной эксплуатации в третьем тысячелетии.

В жилищно-коммунальном хозяйстве трубопроводные системы являются основой обеспечения населения водой, теплом, и они же отводят многочисленные стоки. Их стоимость в коммунальных системах составляет 60-70 % от стоимости систем водо- и теплоснабжения и водоотведения. Физический износ трубопроводов, сопровождающийся постоянными потерями воды и тепла и непрекращающимися ремонтами, во многом обусловил кризис жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Для предотвращения коллапса ЖКХ необходимо не только изыскать финансовые

возможности для замены трубопроводных систем, но и, используя накопленный специалистами опыт, разработать стратегию создания надёжных и долговечных систем на основе современных достижений науки и техники в области материаловедения» [7].

«Эксплуатация – наиболее продолжительный период в жизни трубопроводных систем, сопоставимый со сроком службы здания или населенного пункта (50-100 лет). Именно при эксплуатации выявляются все недостатки проектных решений и монтажа, при значительной величине которых затраты на эксплуатацию достигают критической величины, что напрямую отражается на материальном благосостоянии граждан. Необходимо отметить, что затраты на эксплуатацию систем трубопроводов многократно превышают первоначальные затраты на их монтаж и проектирование (иногда в десятки раз).

Этап эксплуатации трубопроводов - это не только наблюдение за их состоянием и контроль за качеством транспортируемых жидкостей, но и проведение технического обслуживания сооружения.

За время эксплуатации трубопроводы приносят эффект в виде выполненной работы в заданном объеме, но в то же время требуют затрат на поддержание их работоспособного состояния. Во времени эти функции затрат и прибыли соответственно монотонно убывают и возрастают в зависимости от внешних факторов, системы технического обслуживания и ремонта, износа объектов. Существует оптимальный срок замены объектов с точки зрения текущего соотношения затрат и выгоды, и с точки зрения стоимости владения объектом.

Периодически стоимость сооружения увеличивается на сумму выполненного ремонта. С течением времени затраты на ремонты увеличиваются, так как исчерпывается ресурс объекта.

При этом постепенно увеличивается доля времени пребывания объекта в ремонте, возрастает количество отказов, снижается надежность объекта.

Отказ - это не только нарушение герметичности вследствие физического разрушения элемента или его части, но и перебои в подаче воды, утечки, снижение расхода, повышение или понижение температуры» [7].

«В настоящее время планово-предупредительный ремонт сетей и оборудования систем водоснабжения, канализации и коммунальной энергетики практически полностью уступил место аварийно-восстановительным работам, затраты на проведение которых в три раза превышают стоимость строительства новых трубопроводов.

Надо признать, что реформа ЖКХ невозможна без реконструкции и обновлений трубопроводных систем на основе новых научно и практически обоснованных подходов.

Чтобы не совершить очередной стратегической ошибки и через 50 лет снова не столкнуться с кризисом трубопроводных систем ЖКХ, выбирая трубы для трубопроводных систем, необходимо учитывать негативный опыт прошлого» [7].

Без решения проблем в насосных станциях невозможно обеспечить потребителя качественной услугой подачи холодной воды.

Характеристика современного состояния трубопроводов ЦТП и НС.

Насосные станции водоснабжения разделены по функциям на:

- НС первого подъёма,
- НС второго подъёма,
- повысительные НС.

Рассмотрим последние подробнее. Повысительные НС могут располагаться как отдельные объекты, могут быть расположены в здании ЦТП в непосредственной близости от потребителей.

«Данные станции обеспечивают нужный напор воды на отдельном участке водопроводной сети в многоэтажных жилых застройках или на промышленных объектах. Они всасывают воду непосредственно из

трубопроводов и не могут координировать ее подачу. Такая станция действует согласно принятой схемы водопотребления» [12].

В данных сооружениях надземного и подземного расположения осуществляется подготовка воды для подачи потребителям. Так как трубопроводы в машинных залах проложены открыто, они доступны для обследования и ремонта, в то же время данные объекты водоснабжения работают на конечного потребителя и должны работать бесперебойно. Отключение НС или ЦТП допустимо лишь для проведения аварийно-восстановительных работ.

В данных объектах тепло- и водоснабжения применяются стальные водогазопроводные трубы по ГОСТ 3262-75 [5]. Их применение обосновано большой механической прочностью для удержания многочисленной запорно-регулирующей арматуры, КИП, насосного оборудования.

Согласно СП 31.13330.2021 «Трубопроводы в насосных станциях, а также всасывающие линии за пределами машинного зала, как правило, следует выполнять из стальных труб или труб ВЧШГ по ГОСТ ISO 2531 на сварке с применением фланцев для присоединения к арматуре и насосам.

При этом, необходимо предусматривать их крепление, обеспечивающее предотвращение опирания труб на насосы и взаимной передачи вибрации от насосов и узлов трубопроводов [15,16].

Основной причиной разрушения трубопроводов хозяйственно – питьевого водоснабжения (ХПВ) на воздухе является химическая коррозия во влажной среде – ржавление.

Коррозией металлов называется постоянное разрушение их поверхностей в результате химического и электрохимического взаимодействия металла с внешней средой, а также воздействия на металл электротоков. По видам коррозия подразделяется:

- химическая (атмосферная) – коррозия происходит в результате воздействия на металл влажного воздуха, осадков при этом происходит окисление металла (его ржавление). От данного вида коррозии надземные газопроводы следует защищать путем нанесения защитного слоя окрашиванием газопровода двумя слоями краски на два слоя грунтовки;
- биокоррозия – разрушение металлов и противокоррозионных покрытий под действием присутствующих в среде микроорганизмов (бактерий, грибов, дрожжей) происходит в результате жизнедеятельности микроорганизмов образуются продукты жизнедеятельности повышают коррозионную активность среды. Биокоррозия полимерных материалов связана с выработыванием микроорганизмами ферментов, резко ускоряющих деструкцию макромолекул. Защита от биокоррозии осуществляется как правило путем нанесения изоляционных покрытий и с помощью станций электрохимической защиты;
- электрохимическая – коррозия происходит в результате воздействия на металл влаги, кислот, щелочей. Грунты, содержащие такие почвы, являются грунтами повышенной опасности и характеризуются по степени коррозионной активности (низкую, среднюю, высокую). При воздействии на металл таких грунтов его окисление (ржавление) проходит более быстро чем при атмосферной коррозии так как в местах соприкосновения металла с грунтом появляется электроток (поляризованный). Защита от электрохимической коррозии осуществляется как правило путем нанесения изоляционных покрытий и с помощью станций электрохимзащиты. Электрохимическая защита газопроводов в грунтах высокой коррозионной агрессивности, независимо от влияния блуждающих

токов, должна обеспечивать значения поляризационных потенциалов стали в пределах от -0,85 вольт до -1,15 вольт (относительно насыщенного медносульфатного электрода сравнения) или значения суммарного потенциала (включающие поляризационную и омическую составляющие) - разности потенциалов между трубой и землей в пределах от -0,9 вольт до -2,5 вольт (относительно насыщенного медносульфатного электрода сравнения) [9].

Для трубопроводов холодной воды ЦТП и НС характерна химическая, атмосферная коррозия. При наличии паров воды в воздухе коррозия ускоряется в 2-3 раза.

Указанные ранее методы бестраншейного восстановления неприменимы для работ в условиях отсутствия несущего грунта, сложной конфигурации трубопроводов и большого количества запорной, регулирующей арматуры, контрольно-измерительных приборов (КИП), насосов в насосных станциях (НС) и центральных тепловых пунктах (ЦТП).

Рассмотрим методы защиты поверхности трубопроводов и варианты их усовершенствования.

## **1.2 Защита трубопроводов различными лакокрасочными покрытиями**

Для наглядного представления проблем разрушения трубопроводов ХПВ без покрытия представлена следующая фотография (рисунок 1). Явно виден участок трубопровода с прибором учёта расхода воды не обработанный никаким покрытием при монтаже – он полностью покрыт ржавчиной.



Рисунок 1 – Участок трубопровода без покрытия

Для защиты трубопровода, продления срока его службы необходимо обязательно использовать защитные покрытия.

Самым распространённым методом защиты металла трубопровода является окраска – нанесение защитного лакокрасочного покрытия. Данный метод прост, доступен и не дорог.

Нанесение защитных лакокрасочных покрытий (ЛКП), даёт положительный эффект – заметное улучшение эксплуатационных характеристик трубопроводов. Однако и это не решает проблему, со временем защитные свойства ослабевают, ЛКП истончаются и трескаются, могут быть повреждены при обслуживании и ремонтных работах. Конденсат, образовавшийся на поверхности трубы ЛКП, проникает в места повреждений, далее возникает коррозия.

Такой вариант покрытия представлен на рисунке 2. Результат применения окраски трубопровода не оправдывает ожидания. Здесь видны очаги ржавчины по всей поверхности трубопровода – защитная функция окрашивания недостаточна. Необходимо улучшить защитные свойства покрытия.



Рисунок 2 – Окрашенный участок трубопровода

Один из путей достижения улучшения защитных свойств – применение 2-х слойного ЛКП (2 слоя грунта и 2 слоя краски). Грунтование позволяет улучшить адгезию основного слоя к поверхности, обеспечивает равномерность и уменьшает расход основного красящего материала. Два слоя основного покрытия несомненно лучше, это позволяет вторым слоем перекрыть возможные непокрашенные места.

Такое покрытие резко повышает эксплуатационные свойства трубопроводов. На рисунке 3 представлена фотография НС ХПВ с 2-х слойным ЛКП. Здесь видим равномерное глянцевое покрытие.



Рисунок 3 – Фотография НС ХПВ

Однако и такое ЛКП не может обеспечить полную защиту трубопроводов. При длительной эксплуатации коррозия продолжается и приводит к нарушению герметичности.

Видны очаги коррозии – фланцы и сварные швы, повторно покрытые краской. На рисунке 2 на верхнем трубопроводе виден очаг сквозной коррозии, закрытый сваркой, след потёков воды и ржавчины под ним.

Для того, чтобы защитное покрытие эффективно выполняло свои функции, оно должно удовлетворять целому ряду требований, основными из которых являются:

- низкая влагокислородопроницаемость;
- высокие механические характеристики;
- высокая и стабильная во времени адгезия покрытия к стали;
- стойкость к катодному отслаиванию;
- хорошие диэлектрические характеристики;
- устойчивость покрытия к УФ и тепловому старению.

Изоляционные покрытия должны выполнять свои функции в широком интервале температур строительства и эксплуатации трубопроводов, обеспечивая их защиту от коррозии на максимально возможный срок их эксплуатации [18].

Улучшить стойкость покрытия возможно с применением специальных гидроизоляционных покрытий на основе битума. Варианты использования таких покрытий представлены в статье [18] «Защита трубопроводов от коррозии с использованием современных изоляционных покрытий».

Битумно-мастичные покрытия.

«На протяжении многих десятилетий битумно-мастичное покрытие являлось основным типом наружного защитного покрытия отечественных трубопроводов. К преимуществам битумно-мастичных покрытий следует отнести их дешевизну, большой опыт применения, достаточно простую технологию нанесения в заводских и трассовых условиях. Битумные покрытия проницаемы для токов электрозащиты, хорошо работают совместно со средствами электрохимической защиты. В соответствии с требованиями ГОСТ Р 51164-98 «Трубопроводы стальные магистральные. Общие

требования к защите от коррозии» конструкция битумно-мастичного покрытия состоит из слоя битумной или битумно-полимерной грунтовки (раствор битума в бензине), двух или трех слоев битумной мастики, между которыми находится армирующий материал (стеклохолст или стеклосетка) и наружного слоя из защитной обертки. В качестве защитной обертки ранее использовались оберточные материалы на битумно-каучуковой основе типа «бризол», «гидроизол» и другие или крафт-бумага. В настоящее время применяют преимущественно полимерные защитные покрытия толщиной не менее 0,5 мм, грунтовку битумную или битумно-полимерную, слой мастики битумной или битумно-полимерной, слой армирующего материала (стеклохолст или стеклосетка), второй слой изоляционной мастики, второй слой армирующего материала, наружный слой защитной полимерной обертки. Общая толщина битумно-мастичного покрытия усиленного типа составляет не менее 6,0 мм, а для покрытия трассового нанесения нормального типа - не менее 4,0 мм» [18].

«В качестве изоляционных мастик для нанесения битумно-мастичных покрытий применяются: битумно-резиновые мастики, битумно-полимерные мастики (с добавками полиэтилена, атактического полипропилена), битумные мастики с добавками термоэластопластов, мастики на основе асфальтосмолистых соединений типа «Асмол». В последние годы появился целый ряд битумных мастик нового поколения, обладающих повышенными показателями свойств.

Основными недостатками битумно-мастичных покрытий являются: узкий температурный диапазон применения (от минус 10 до плюс 40 °С), недостаточно высокая ударная прочность и стойкость к продавливанию, повышенная влагонасыщаемость и низкая биостойкость покрытий. Срок службы битумных покрытий ограничен и, как правило, не превышает 10-15 лет. Рекомендуемая область применения битумно-мастичных покрытий - защита от коррозии трубопроводов малых и средних диаметров, работающих при нормальных температурах эксплуатации» [18].

Рассмотрим средства защиты трубопроводов от коррозии.

«Трубопровод, уложенный в грунт, подвергается почвенной коррозии, а проходящий над землей - атмосферной. Оба вида коррозии протекают по электрохимическому механизму, т.е. с образованием на поверхности трубы анодных и катодных зон. Между ними протекает электрический ток, в результате чего в анодных зонах металл труб разрушается.

Для защиты трубопроводов от коррозии применяются пассивные и активные средства и методы. В качестве пассивного средства используются изоляционные покрытия, к активным методам относится электрохимическая защита. Изоляционные покрытия, применяемые на подземных магистральных трубопроводах, должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- обладать высокими диэлектрическими свойствами;
- быть сплошными;
- обладать хорошей адгезией к металлу трубопровода;
- быть водонепроницаемыми, механически прочными, эластичными и термостойкими.

Конструкция покрытий должна допускать возможность механизации их нанесения на трубы, а используемые материалы должны быть недорогими, недефицитными и долговечными.

Наибольшее распространение в отрасли трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов получили покрытия на основе битумных мастик. Они представляют собой многослойную конструкцию, включающую грунтовку, мастику, армирующую и защитную обертки» [19].

«Грунтовка представляет собой раствор битума в бензине. После ее нанесения бензин испаряется и на трубе остается тонкая пленка битума, заполнившего все микронеровности поверхности металла. Грунтовка служит для обеспечения более полного контакта, а, следовательно, лучшей прилипаемости основного изоляционного слоя битумной мастики к трубе» [19].

«Битумная мастика представляет собой смесь тугоплавкого битума (изоляционного - БНИ-IV-S, БНИ-IV, БНИ-V или строительного - БН-70/30, БН-90/10), наполнителей (минеральных – асбеста, доломита, известняка, талька; органических – резиновой крошки; полимерных – атактического полипропилена, низкомолекулярного полиэтилена, полидиена) и пластификаторов (полиизобутилена, полидиена, масла осевого, автола). Каждый из компонентов мастики выполняет свою роль. Битум обеспечивает необходимое электросопротивление покрытия, наполнители - механическую прочность мастики, пластификаторы - ее эластичность. Битумную мастику наносят на трубу при температуре 150...180 °С. Расплавляя тонкую пленку битума, оставшуюся на трубе после испарения грунтовки, мастика проникает во все микронеровности поверхности металла, обеспечивая хорошую адгезию покрытия» [19].

Наибольшую эффективность показывают комбинированные мастично-ленточные покрытия на магистральных трубопроводах, однако их использование в насосных станциях невозможно из-за сложной конфигурации трубопроводов.

Данные окрасочные материалы и мастики могут быть нанесены поверх ЛКП при необходимости дополнительной защиты трубопроводов. Но и эта усиленная гидроизоляция трубопровода не справляется с задачей долговременной защиты. На рисунке 4 представлена фотография трубопровода с гидроизоляционным покрытием, место разрушения, и главное – конденсат, причина этого разрушения. Видно истончение защитного покрытия, под которым произошло сквозное разрушение материала трубопровода.



Рисунок 4 – Сквозные разрушения трубопровода

Рассмотрим причину возникновения коррозии на трубопроводах с с 2-х слойным ЛКП и усиленным покрытием гидроизоляцией.

Температура воды в трубопроводе чаще всего ниже температуры окружающего воздуха, значит, на поверхности трубопровода образуется конденсат. При большой разности температур образование конденсата происходит на поверхности трубопроводов покрытых любыми окрашивающими и гидроизолирующими материалами. Защитная функция различных окрашивающих и гидроизолирующих покрытий, нанесённых отдельно или совместно, оказывается недостаточной. Повторное нанесение ЛКП с предварительной зачисткой, либо полным удалением старого покрытия не улучшит защитные свойства нового покрытия. Это мероприятие приведёт лишь к новым затратам на эксплуатацию для поддержания трубопроводов холодной воды в удовлетворительном состоянии. Естественно, это означает

удорожание транспортировки важного ресурса потребителю, без ощутимого положительного эффекта. Такой способ недопустим.

Существует необходимость применять иные меры для защиты трубопроводов холодной воды, которые позволят защитить их на длительный срок эксплуатации. Данные меры должны позволить продлить срок безаварийной службы трубопроводов холодной воды, защищённых лакокрасочными и гидроизоляционными покрытиями при строительстве или реконструкции. Они не должны включать дополнительных периодических затрат на восстановление пришедших в негодность покрытий и самих трубопроводов.

Положительный эффект должен быть достигнут непрямым воздействием на систему подачи холодной воды. Он должен быть постоянным, долговременным, не требующим больших финансовых затрат и затрат рабочего времени обслуживающего персонала. Положительное воздействие не должно зависеть от постоянного дополнительного потребления электрической энергии.

При оценке состояния различных объектов системы водоснабжения были получены сильно различающиеся результаты разрушения трубопроводов в однотипных сооружениях, из чего следует вывод, что условия эксплуатации в них различны. Необходимо выяснить в чём состоит положительное воздействие. Проанализировать необходимость и возможность использования данного воздействия на других объектах.

Анализ состояния систем холодного водоснабжения показал: такая мера внешнего воздействия на условия эксплуатации систем подачи холодной воды существует и будет рассмотрена в следующей главе.

Вывод из рассмотренных вариантов защитных покрытий: Необходимо применение эластичных, бесшовных защитных покрытий, наносимых на трубопровод, предварительно покрытый грунтом с высокой адгезией к материалу трубопровода. Данные покрытия обладают высокой эластичностью

после высыхания и со временем не трескаются. Обладают в несколько раз большей толщиной, по сравнению с краской.

Существует недостаток нового решения, возможен конденсат и на поверхности трубопровода с гидроизолирующим покрытием.

Выводы по главе 1:

Необходимо использовать двухслойное, бесшовное, эластичное гидроизоляционное покрытие трубопроводов.

Такое решение защитит трубопровод от конденсата, он в худшем случае будет образовываться уже на поверхности покрытия. Исключить образование конденсата возможно при изменении внешних условий эксплуатации – температуры и влажности в помещении НС или ЦТП.

## **Глава 2 Изменение внешних условий эксплуатации трубопроводов холодной воды ЦТП и насосных станций**

### **2.1 Анализ возникновения коррозии на трубопроводах при появлении конденсата**

Рассмотренные в главе 1 варианты защитных покрытий трубопроводов не позволяют надёжно защитить их поверхности от конденсата, коррозии и разрушения. Начало ухудшения состояния трубопровода в отсутствие вентиляции здания ЦТП представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Участок трубопровода

Виден конденсат, полностью покрывающий поверхности трубопроводов. Начавшаяся коррозия и ржавчина, потёки ржавой воды, стекающие вниз. На рисунке 6 представлена фотография участка трубопроводов с запорной арматурой.



Рисунок 6 – Трубопровод с запорной арматурой

Здесь наглядно видна разница состояния поверхностей трубопроводов, покрытых ЛКП в один слой и многослойных заводских ЛКП (двойное грунтование и двойное окрашивание). Поверхности оборудования покрыты конденсатом так же, как и трубопроводы, находятся в одних и тех же условиях. Но они не подвержены коррозии, так как надёжно защищены.

Работоспособность системы подачи холодной воды в НС или ЦТП зависит от оборудования и трубопроводов, эти компоненты неотделимы друг от друга. Защитные меры должны быть достаточны для защиты самых слабых мест системы – трубопроводов.

Если не предпринимать мер по улучшению условий эксплуатации трубопроводов, то происходит активное разрушение материала трубопровода.

Пример плачевного состояния трубопровода в отсутствие вентиляции здания ЦТП представлен на рисунке 7.

Материал трубопровода становится рыхлым, поверхность вспучивается. Вода просачивается наружу.

Здесь масштаб разрушения приведёт к порыву трубопровода. Восстановить разрушение методом наложения хомута будет невозможно. Возникнет большая утечка воды, следовательно, прямые убытки от её потери. Потребуется остановка водоснабжения потребителей, перекрытие разрушенного участка трубопровода. Дренаживание неисправной линии водоснабжения, длина которой может достигать нескольких сотен метров, увеличит потери воды, соответственно убыток в деньгах.

Данное разрушение возможно восстановить путём замены неисправного участка трубопровода. Для этого необходимо привлечение аварийно-восстановительной бригады, грузовой техники, специального передвижного сварочного агрегата. Эти мероприятия всегда обходятся дорого и продолжаются достаточно долго. Необходимо оповещение о аварийных работах, подвоз питьевой воды населению с помощью передвижной цистерны.



Рисунок 7 – Участок длительной коррозии

После устранения порыва и восстановления подачи ХПВ потребителям процесс коррозии и разрушения трубопровода успешно возобновляется и продолжается, так как устранено лишь следствие, а не его причина. Опасность разрушения только усилилась, так как при изменениях гидравлического режима трубопровода, отключение для ремонта и запуск в работу под давлением, все слабые места прорываются новыми свищами и порывами.

Дальнейшее развитие разрушения трубопроводов приводит к появлению многочисленных сквозных разрушений, потери герметичности. На рисунке 8 представлена фотография участка трубопроводов с запорной арматурой. Сквозные повреждения закрыты хомутами.



Рисунок 8 – Трубопроводы с хомутами

## **2.2 Возможные направления изменения внешних параметров микроклимата для предотвращения выпадения конденсата на трубопроводах**

Так как изменить температуру воды в системе ХПВ невозможно, то необходимо другое решение. Каким способом можно повлиять на условия эксплуатации? Необходимо изменение внешних условий.

Под изменением внешних условий понимаем необходимость изменения параметров окружающего воздуха: уменьшать перепад температур между поверхностью трубопровода с покрытием и воздухом, уменьшать влажность воздуха в помещении НС и ЦТП.

В источнике [14] «Тепловой режим теплоизолированного трубопровода системы холодного водоснабжения» указаны экспериментальные параметры трубопровода без покрытия при наружной прокладке и в неотапливаемом помещении. Экспериментальные данные говорят о том, что конденсат на поверхности не образуется при температуре не выше 4°C. Однако поддерживать постоянную температуру воздуха в помещении НС и ЦТП в столь малом диапазоне, от 0°C до 4°C, без применения дорогостоящих систем кондиционирования с возможностью его осушения невозможно.

Существует другое альтернативное решение – применять естественную и принудительную вентиляцию. Работа вентиляции позволит улучшить внешние условия эксплуатации трубопроводов и оборудования. Без внешних защитных мер никакое защитное ЛКП трубопровода не справляется с поставленной задачей.

В зимний период температура холодной воды принимается 2°C, в летний 15°C. Температура в помещениях может быть различной, но выше 0°C зимой. Для защиты от образования конденсата необходимо минимизировать разницу температур.

Зимой поступающий извне холодный воздух содержит мало водяных паров, при его нагреве относительная влажность уменьшается – значит,

уменьшается вероятность образования конденсата. Основная задача – не допустить замерзания трубопроводов ХПВ – для надземных сооружений. Необходимо применять отопление в НС. Рассчитывать теплоотдачу оборудования и трубопроводов ЦТП, изолировать необходимую часть трубопроводов, не изолировать оборудование согласно СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», [17].

Летом опасность замерзания отсутствует, влаги в воздухе достаточно много, но и температура холодной воды выше, чем зимой, вероятность образования конденсата меньше.

В тепловых пунктах должна предусматриваться приточно-вытяжная вентиляция, рассчитанная на воздухообмен, определяемый по тепловыделениям от трубопроводов и оборудования.

При размещении тепловых пунктов в жилых и общественных зданиях следует производить проверочный расчет теплопоступлений из помещения теплового пункта в смежные с ним помещения. В случае превышения в этих помещениях допустимой температуры воздуха следует предусматривать мероприятия по дополнительной теплоизоляции ограждающих конструкций смежных помещений.

Необходимо изменять параметры окружающего воздуха: уменьшать перепад температур между поверхностью трубы и воздухом, уменьшать его относительную влажность.

Наибольшую эффективность даёт совместное применение защитного бесшовного покрытия на стадии монтажа, плюс обеспечение сухости окружающего воздуха помещения НС или ЦТП за счёт работы вентиляции. На рисунке 9 представлена фотография участка трубопроводов с запорной арматурой в помещении ЦТП с исправной работающей вентиляцией. Поверхности трубопроводов оборудования КИП, запорной арматуры без конденсата. ЛКП сплошное, им покрыты все участки, включая фланцевые соединения и болтовой крепёж.



Рисунок 9 – Сплошная окраска трубопроводов

Возможно ли таким способом полностью исключить появление конденсата? К сожалению ответ отрицательный. В застойных зонах возможен недостаточный воздухообмен. В весенний период, когда температура воздуха быстро возрастает, а температура воды не меняется конденсат будет появляться вновь.

Данный факт подтверждается следующей фотографией, представленной на рисунке 10. В основном покрытие трубопровода в хорошем состоянии, конденсат отсутствует, однако в местах сварных швов и ввода в помещение видны следы начавшейся коррозии. Это означает, что не во всех случаях совместное применение высококачественных ЛКП трубопроводов и исправной, работающей системы вентиляции может обеспечить эффективную долговременную защиту трубопроводов холодной воды.



Рисунок 10 – Начало коррозии трубопроводов

Рекомендации по результатам технических обследований различных объектов при изменении внешних условий эксплуатации трубопроводов холодной воды:

- обязательно для всех объектов НС и ЦТП создание систем естественной и принудительной вентиляции. Естественная вентиляция обеспечивает удаление влажного воздуха в штатном режиме работы;
- в аварийных ситуациях и при проведении ремонтных работ для их устранения вода из трубопроводов сливается в дренаж, чаще всего он открытый, происходит интенсивное испарение в объем НС или ЦТП;
- в данном случае необходимо применение принудительной вентиляции для удаления водяных паров из помещений НС или ЦТП. Так же это необходимо для обеспечения нормальных условий работы ремонтных бригад. Это и будет второй важнейшей мерой защиты трубопроводов ХПВ.

Выводы по главе 2:

Обследование объектов водоснабжения показало, что не во всех случаях совместное применение высококачественных ЛКП трубопроводов и исправной, работающей системы вентиляции может обеспечить эффективную долговременную защиту трубопроводов холодной воды.

Каким образом возможно обеспечить долговременную сохранность трубопроводов в самых сложных условиях эксплуатации? Ответ очевиден – это применение теплоизоляции трубопроводов. Данный способ общеизвестен и широко применяется в различных областях, однако для изоляции трубопроводов холодной воды имеет свои особенности.

## **Глава 3 Применение теплоизоляционных покрытий трубопроводов**

### **3.1 Эксплуатационные проблемы защиты трубопроводов**

Для наилучшей защиты поверхности трубопроводов необходимо устранить воздействие опасного фактора – конденсата. Это возможно сделать, уменьшив либо исключив возможность его возникновения.

Для исключения этого явления необходимо уменьшить разность температур между поверхностью защитного покрытия трубопровода и окружающего воздуха, что возможно в объёмах НС или ЦТП.

Общеизвестное решение – необходима теплоизоляция трубопровода.

«Теплоизоляция трубопроводов — это комплекс мероприятий, направленных на то, чтобы воспрепятствовать теплообмену транспортируемого по ним носителя с окружающей средой. Тепловая изоляция трубопроводов применяется не только в системах отопления и поставки горячей воды, но и там, где по технологии требуется транспортировка веществ с какой-то определенной температурой, например, хладагентов» [23]. Аналогично указанному выше требуется и теплоизоляция трубопроводов холодной воды.

Существует несколько вариантов теплоизоляции трубопроводов

- жесткие кожухи и скорлупы,
- мягкие полимерные листы,
- мягкие полимерные рукава.

Все они являются накладными.

Применение накладных теплоизоляционных покрытий для исключения образования конденсата на поверхности трубопровода ХПВ не даёт нужного результата. Невозможно установить любую накладную теплоизоляцию на трубу без воздушного зазора, без стыков отрезков материала. В воздушных карманах между трубопроводом и изоляцией образуется конденсат.

Данный метод не просто неэффективен, а вреден для трубопроводов ХПВ, так как накладная теплоизоляция скрывает под собой начинающиеся очаги коррозии.

«Снижение скорости коррозии под изоляцией при эксплуатации наземных трубопроводов, выполненных из углеродистой (нелегированной) стали, является актуальной проблемой для промышленной отрасли (нефтегазовой, сельскохозяйственной и др.), требующей больших капиталовложений. Коррозией под изоляцией (КПИ) называют процесс внешней коррозии трубопроводов и аппаратов, изготовленных из различных видов сталей, протекающий под слоем наружной тепловой изоляцией в результате воздействия воды. Для углеродистой стали наиболее характерно возникновение локальной коррозии - питтинговой или язвенной. Скорость протекания процесса зависит от особенностей структуры металла и условий эксплуатации. Основной причиной подверженности углеродистых сталей возникновению локальной коррозии является фазовая неоднородность состава металла: наличие различных структурно-фазовых составляющих, неметаллических включений, дефектов структуры в виде микропор и микротрещин. Наряду с локальной по поверхности трубопроводов также встречается и сплошная коррозия, одной из причин возникновения которой служит использование изоляционных материалов с закрытой пористостью. Опасность возникновения коррозионного повреждения инженерных сетей связана с потерей сечения трубопровода, что определяет его безопасную эксплуатацию и срок службы» [3].

Для подтверждения этого факта на рисунке 11 представлена фотография трубопровода ХПВ в ЦТП с частично снятой теплоизоляцией. Видно плачевное состояние трубопровода и закрытые хомутами места повреждений (2 повреждения на участке менее одного метра).



Рисунок 11 – Трубопровод со снятой теплоизоляцией

Исследования в направлении выбора подходящего материала для изоляции трубопроводов холодной воды проводятся в разных странах и подтверждают невозможность использования привычных видов теплоизоляторов.

Системы механической изоляции труб обычно применяются на поверхностях холодных трубопроводов в большинстве промышленных и коммерческих зданий для ограничения тепловых потерь и предотвращения конденсации водяного пара на внешних поверхностях труб. В связи с тем, что температура поверхности этих трубопроводов обычно ниже температуры точки росы окружающей среды, водяной пар диффундирует внутри систем изоляции труб и часто конденсируется, достигая внешних поверхностей труб. Капли воды, накопленные в системе изоляции труб, увеличивают ее общую

теплопроводность за счет теплового мостика ячеек или волокон изоляционного материала. Проникновение влаги в изоляцию труб угрожает теплотехническим характеристикам и общей эффективности механической системы здания. Это явление также является причиной роста плесени внутри занятых помещений и делает трубопроводы более уязвимыми к коррозии. Хотя для предотвращения проникновения водяного пара в изоляцию труб используется широкий спектр пароизоляции, общий опыт в этой области показывает, что водяной пар неизбежно проникнет в изоляционные материалы из торцевых соединений или из трещин, образовавшихся во время монтажа изоляции [26].

«Как учесть проникновение влаги в срок службы изоляции труб и тепловые характеристики, все еще остается открытым вопросом. Теплопроводность является одним из важнейших свойств для оценки тепловых характеристик систем изоляции труб. С помощью нового испытательного прибора была измерена теплопроводность систем изоляции труб ниже температуры окружающей среды и во влажных условиях с проникновением влаги. Стекловолоконная и фенольная изоляция труб были испытаны для изучения влияния влажности на теплопроводность материала. Данные показали, что эти два типа систем изоляции труб имели совершенно разные скорости поглощения воды из-за различных характеристик материала и его структуры. Было отмечено серьезное ухудшение тепловых характеристик стекловолоконной изоляции труб, и теплопроводность увеличилась в 3 раза, когда содержание влаги составляло около 12 процентов по объему. Испытания в других условиях показали, что теплопроводность фенольной изоляции труб увеличилась в 1,6 раза от исходного значения, а содержание влаги составило 5 процентов по объему» [26].

Дальнейшие исследования и создание новых типов изоляционных покрытий проводятся на промышленных площадках современных предприятий.

В статье [28] указаны варианты защитных покрытий и условия их применения. «Коррозия стали под поврежденной или неправильно установленной теплоизоляцией является обычным явлением. Данная проблема существует на многих технологических заводах. За последние годы был исследован широкий спектр решений, включая защитные покрытия для труб от цинковых силикатов до специальных эпоксидных смол на основе каменноугольной смолы, до различных типов сложных защитных оболочек для изоляции. Представлены работы и результаты решения этой проблемы с двух направлений, во-первых, для разработки новых покрытий, которые будут обеспечивать производительность при влажной изоляции и будут выдерживать температуры до 230°C, с новыми экспериментальными неорганическими продуктами, которые оказываются подходящими для 300°C–400°C. Альтернативный подход заключался в разработке эпоксидной синтактической пены, способной использоваться при рабочих температурах до 150°C, а также обеспечивающей защиту от коррозионных сред и механических воздействий».

В статье [29] «Коррозия под изоляцией промышленных трубопроводов – комплексный подход к проектированию системы изоляции». Представлены данные не только о самой изоляции, но и оценка рисков её применения.

«Коррозия под изоляцией (КПИ) на промышленных трубопроводах является серьезной проблемой для нефтегазовой промышленности. Потенциальное влияние тепло- и звукоизоляционных материалов обычно оценивается с помощью серии отдельных лабораторных испытаний самих изоляционных материалов, но очень редко – применяемой системы. Более того, проверенные физические значения не обязательно и не сразу отражают потенциальное влияние, которое данный изоляционный материал или система оказывают на риск КПИ.

Предлагается более сложный подход, который учитывает не только применяемую систему изоляции, но и поведение отказа при КПИ и процессы проникновения и удержания воды или водяного пара. Этот подход позволяет

проводить индивидуальную оценку риска применяемых систем изоляции по различным сценариям проникновения воды. Другие факторы, влияющие на оценку риска, включают конфигурацию системы изоляции (например, изоляционные материалы, алюминиевая барьерная фольга, наружная облицовка) и указанные методы строительства или монтажа» [29].

Данный подход позволит прогнозировать вероятные события разрушения трубопроводов в течении длительного срока эксплуатации и своевременно применять необходимые меры предупреждения неисправностей систем водоснабжения.

Внешний осмотр не выявит начавшееся разрушение трубопровода. Сама теплоизоляция намокает и не позволяет поверхности высохнуть даже если внешние условия позволяют это.

«Конденсат – наибольший враг технической изоляции. Если на поверхности труб образуется влага, в большинстве случаев она беспрепятственно проникает в изоляцию и снижает ее эффективность. Процесс происходит скрыто и о том, что изоляционный материал не выполняет своих функций становится известно слишком поздно. Эффективность намокшей изоляции можно сравнить с мокрым шерстяным пальто зимой.

Если влага проникает в теплоизоляционный материал возникают следующие сложности:

- рост потерь энергии,
- возникновение коррозии и порча трубопровода,
- образование плесени и неприятных запахов,
- необходимость ремонта и обслуживания трубопровода.

Изоляционный эффект быстро снижается, а в долгосрочной перспективе изоляционный материал теряет свои свойства. Поэтому одним из ключевых вопросов при выборе теплоизоляции является то, насколько хорошо материал защищен от впитывания влаги.

Для изучения поведения различных изоляционных материалов в отношении влаги и конденсата Институт строительной физики Фраунгофера (Штутгарт) по заказу компании Armacell провел практическое испытание. В испытании участвовали минеральное волокно, полиуретан и FEF (гибкий эластомерный изоляционный материал).

В то время как эластомерный материал с закрытыми порами имеет «встроенный» пароизоляционный барьер, и сопротивление диффузии водяного пара создается по всей толщине изоляционного слоя - ячейка за ячейкой - в случае минерального волокна и полиуретана оно ограничивается тонкой алюминиевой или ПВХ-пленкой.

Однако в реальных условиях строительства практически невозможно спроектировать ламинирование таким образом, чтобы обеспечить достаточную непроницаемость водяного пара. Подвески труб, изгибы, тройники, клапаны, фитинги и т.д. практически никогда не бывают полностью паронепроницаемыми.

Образование конденсата на поверхности трубы и увеличение теплопроводности в течение срока службы можно предотвратить только в том случае, если изоляционный материал защищен от впитывания влаги. Показатель теплопроводности следует понимать, как начальную теплопроводность или «сухое» значение  $\lambda$ , и он может определять выбор материала только в сочетании с сопротивлением диффузии водяного пара. Другими словами, изоляционный материал с очень хорошим «сухим»  $\lambda$ -значением, но низким сопротивлением диффузии водяного пара – это плохой выбор.

Если изоляционный материал полностью пропитан влагой, увеличение энергопотребления часто является наименьшей из проблем. Плесень, повреждение конструкций, например, подвесных потолков, или нарушение производственных процессов из-за соответствующего технического обслуживания и простоев могут привести к огромным затратам.

Исследование Института строительной физики Фраунгофера подтвердило, что изоляционные материалы ArmaFlex очень хорошо

защищены от поглощения влаги. Эластомерный изоляционный материал с закрытыми порами также повышает энергоэффективность технических систем в долгосрочной перспективе. Использование минеральных волокон на охлаждающих трубах, напротив, представляет собой неисчислимый риск, который может привести к значительным последующим затратам» [22].

Защищённый от влаги теплоизолирующий материал не потеряет своих изолирующих свойств, однако не может предотвратить появление конденсата на трубопроводе холодной воды, так как сам является накладным материалом. Проблему образования конденсата на поверхности трубопровода холодной воды под изоляцией использованием нового материала решить невозможно.

В источнике [30] указана необходимость использования изоляции трубопроводов холодной воды для защиты от образования конденсата. Приведены параметры трубопроводов – их диаметр, материал, указаны температуры воды и окружающего воздуха. Представлены значения необходимой толщины изоляции в зависимости от её материала, внешних и внутренних температур.

На рисунке 12 представлена фотография, на которой с двух участков (вертикального и горизонтального) трубопровода ХПВ изоляция уже снята, многочисленные повреждения закрыты хомутами. Основная масса трубопроводов покрыта минеральной ватой, обёрнутой стеклотканью и закрытой металлическими листами по СП 61.13330.2012 [17].

На рисунке 13 представлена фотография, на которой трубопровод ХПВ полностью освобождён от теплоизоляции для проведения ремонтно-восстановительных работ.

После устранения порыва и восстановления подачи ХПВ потребителям процесс коррозии и разрушения трубопровода успешно возобновляется и продолжается, так как устранено лишь следствие, а не его причина.

Немаловажным фактором является дороговизна материалов теплоизоляции, длительность и трудоёмкость монтажа.



Рисунок 12 – Трубопроводы с частично снятой теплоизоляцией



Рисунок 13 – Теплоизоляция полностью снята

Необходимо техническое решение, которое может кардинально исправить данную проблему. Вариант решения существует.

Первоначально необходимо точно определить источник возникновения проблемы в каждом конкретном случае.

«Конденсат на холодной трубе – явление крайне популярное. Однако нельзя сказать, что это вариант нормы. Напротив, чтобы трубы сохраняли свои эксплуатационные свойства, не ржавели и, соответственно, не протекали, их необходимо защитить от конденсата. А лучшим способом сделать это является их утепление.

Откуда берется конденсат на трубах?

Чаще всего конденсат на трубах образуется в летнее время. И чтобы эту проблему решить с максимальной эффективностью, необходимо четко определить, почему такая ситуация возникла. Основных причин специалисты называют всего три:

- конденсат на трубах холодной воды. Виной всему протечка, она может быть совсем незначительной, например, бачок в одной из квартир дает течь или соединение труб устарело и пропускает воду. Чтобы доподлинно определить источник происхождения влаги, к поискам необходимо приступить в ночное время, поскольку лишние шумы не будут снижать слышимость. Вы сможете услышать падение капель по стояку и понять, откуда именно исходит звук. Примечательно, что проблема относится только к трубам с холодной водой, трубы горячего водопровода обычно такой проблемы не имеют;
- конденсат при отсутствии вентиляции или при проблемах в ее работе. Чаще всего проблема наблюдается в новостройках или домах с установленными металлопластиковыми окнами. Плотно закрытые окна не позволят лишней влаге испаряться, и она будет оседать на трубах. Проверьте наличие тяги в вентиляционной решетке,

приложив к ней газетный лист и открыв окно. Этот нехитрый метод должен показать наличие или отсутствие сквозняка;

- конденсат на пластиковых трубах. Здесь речь будет идти о комбинации из недостаточной или отсутствующей вытяжки и сломанных или текущих сантехнических приборах» [20].

Если результаты обследования не выявили явных нарушений в системе водоснабжения появляется необходимость специальной оценки параметров среды и разработки мер защиты трубопроводов.

Необходимость утепления.

«Поскольку конденсат может образовываться только на холодных трубах, вполне рационально утепление трубопроводов. Для этого можно использовать современные теплоизоляционные материалы. Желательно использовать материалы устойчивые к воздействию грибков и плесени, поскольку они имеют длительный срок службы.

Виды изоляции и материалы.

Существует много вариантов изоляции для труб. Наиболее популярными являются два из них.

- Вспененный каучук. Лидер рынка теплоизоляционных материалов. Позволяет сохранить состояние труб на протяжении довольно длительного времени. Характеризуется высокой эластичностью, прекрасно проявляет себя в тандеме с трубами из любых материалов. Безопасен и экономичен, прост в монтаже.
- Вспененный полиэтилен. Идеален для пластиковых и стальных труб, устойчив к температурным перепадам, хорошо переносит механические воздействия и проявляет стойкость к некоторым химическим соединениям.

Также встречаются такие материалы:

- гофротерм,
- жидкая теплоизоляция.

Материалы менее универсальные, но в отдельных ситуациях и они заслуживают внимания» [21].

Гигиенические требования к холодной воде у потребителя.

«Помимо гигиенической безопасности, основные требования к качеству питьевой воды также включают ее температуру. В зданиях можно наблюдать тенденцию к снижению потребления воды за счет экономии воды конечными потребителями. Эта экономия воды может быть связана с возможными гигиеническими рисками. Из-за меньшего потребления питьевой воды она недостаточно обменивается водой в системе трубопровода, вода течет с меньшей скоростью и предельные значения температуры питьевой воды в водопроводе превышаются.

Водообмен в трубопроводной системе определяется как полный обмен объема воды, содержащейся в соответствующей части трубопровода, путем забора или слива воды. Если система водоснабжения спроектирована так, чтобы обеспечить достаточный обмен воды в водопроводах, то будет также обеспечена подходящая температура питьевой воды. Оптимальная температура холодной питьевой воды (далее именуемая PWC) важна не только с точки зрения комфорта пользователя, но и с точки зрения возможного риска размножения бактерий. Согласно BS EN 806-2 [1], через 30 секунд после открытия водопроводного крана температура холодной воды не должна превышать 25 °C» [27].

«С предельным значением температуры PWC в 25 °C согласуется также техническая нормирующая информация TNI, которая предусматривает, что для предотвращения колонизации бактерий *Legionella* температура воды должна находиться в таком диапазоне, чтобы бактерия вообще не размножалась, т.е. температура воды должна быть ниже 25°C. Постановление Министерства здравоохранения Словацкой Республики № 247/2017 Сб. [3] О качестве воды, предназначенной для потребления человеком, указывает рекомендуемый диапазон температуры PWC от 8 до 12°C. При сегодняшних доступных материалах для изоляции труб хорошего качества обеспечение

надлежащей температуры PWC должно быть автоматическим. Причинами высоких температур PWC внутри зданий являются:

- фазы застоя воды в системе трубопроводов;
- нерегулярный забор воды из водопроводных кранов;
- недостаточная изоляция труб холодной воды;
- высокая температура PWC в трубе водоснабжения на входе в здание» [27].

Предварительный вывод по результатам исследования состояния трубопроводов холодной воды в ЦТП и насосных станциях.

Рассмотрев причины возникновения конденсата на трубопроводах холодной воды в ЦТП и насосных станциях, пришёл к выводу, что различные варианты защитных ЛКП и усиленных гидроизоляционных покрытий трубопроводов не способны обеспечить их защиту для многолетней эксплуатации.

Дополнительные меры по изменению внешних условий эксплуатации трубопроводов холодной воды в помещениях ЦТП и насосных станций не всегда являются достаточно эффективными и так же недостаточны для решения указанной проблемы.

Системы теплоизоляции из минеральной ваты подвержены накоплению конденсата и непригодны к применению. Системы теплоизоляции из синтетических материалов – вспененного полиэтилена, вспененного каучука и им подобные являются накладными, соответственно не могут защитить поверхности трубопроводов от конденсата.

Далее рассмотрим вариант нового теплоизоляционного покрытия, позволяющего защитить трубопроводы в самых сложных условиях

### **3.2 Проблемы разрушения трубопроводов при длительной эксплуатации**

Основной проблемой длительной эксплуатации трубопроводов холодной воды является образование конденсата на их поверхности, коррозия и нарушение герметичности.

В главе 1 рассмотрены способы защиты трубопроводов от коррозии с использованием нескольких вариантов лакокрасочных покрытий. Представлены результаты применения данных методов защиты трубопроводов при их длительной эксплуатации. Указана невозможность обеспечения достаточной защиты трубопроводов лакокрасочными покрытиями.

В главе 2 рассмотрены способы изменения внешних условий эксплуатации трубопроводов насосных станций и центральных тепловых пунктов. Указана возможность обеспечения достаточной защиты трубопроводов совместным применением защитного бесшовного покрытия на стадии монтажа, плюс обеспечение сухости окружающего воздуха помещения НС или ЦТП.

Далее будут представлены инновационные изоляционные материалы и способы их нанесения. Данные мероприятия проводятся в том случае, если меры защиты трубопроводов, рассмотренные в главах 1 и 2, не позволяют добиться долговременной эффективной их защиты. Так же данные инновационные изоляционные материалы применяются при реконструкции трубопроводов, заменяя собой традиционные изоляционные материалы.

### **3.3 Разработка мероприятий защиты трубопроводов от аварий с использованием инновационного материала – жидкой теплоизоляции**

На некоторых объектах водоснабжения возникает ситуация, когда применение многослойных лакокрасочных и гидроизоляционных покрытий не позволяет исключить появление конденсата на трубопроводах. Системы вентиляции отсутствуют либо разрушены и их восстановление невозможно

без реконструкции всего объекта. Возникает ситуация, в которой следует применить нестандартный подход к решению проблемы.

Решить проблему возможно с применением новых материалов – покрытия трубопроводов не просто краской, а жидкими материалами с закрытыми порами, которые сами уже являются и краской, и теплоизоляцией.

В источнике [4] «Энергоэффективные материалы нового поколения в строительстве» показана возможность использования современных изоляционных материалов, которые позволяют существенно повысить эксплуатационные характеристики изолированных конструкций, улучшить стойкость к атмосферным воздействиям, увеличить срок их службы. «Для того, чтобы справиться с потерями тепла, теплоизоляционный слой в стеновой конструкции или кровле может быть выполнен из энергоэффективного материала. Под “энергоэффективными материалами” понимают материалы, способствующие потреблению наименьшего количества энергии при принятом уровне энергетического обеспечения зданий или технологических процессов на производстве. Такие материалы следует предусматривать уже при проектировании, учитывая такие требования, как надежность и долговечность, а также поддержание требуемых параметров микроклимата, установленных для нормальной жизнедеятельности людей. Долговечность ограждающих конструкций базируется на таких характеристиках, как влагостойкость, морозостойкость, биостойкость, стойкость к температурным воздействиям, особенно циклическим и т.д.» [4].

В качестве универсального утеплителя для трубопроводов может быть использована жидкая теплоизоляция. Рассмотрим, каковы особенности данного вида изоляции и есть ли преимущества перед традиционными утеплителями.

«Как 1 мм краски может заменить 5 см утеплителя? Этот вопрос возникает в голове обычного рядового человека, впервые услышавшего о появлении жидкой теплоизоляции – теплоизоляции нового поколения, созданной при помощи нанотехнологий. Действительно трудно поверить в то,

что теплопроводность 1 мм жидкой теплоизоляции равна теплопроводности 50 мм традиционного утеплителя, которым мы пользовались десятки лет. Трудно поверить в то, что теперь можно утеплить любой объект просто покрасив его теплоизоляционной краской.

Чтобы уникальные теплофизические свойства жидкой теплоизоляции больше не казались мифом, рассмотрим принцип, по которому работают теплоизоляционные материалы серии «Броня» [8] (рисунок 14).



Рисунок 14 – Теплоизоляция «Броня»

«Существует 3 процесса передачи тепла:

- Теплопроводность – перенос теплоты в твердом теле за счет кинетической энергии молекул и атомов от более нагретого к менее нагретому участку тела.
- Конвекция – перенос теплоты в жидкостях, газах потоками самого вещества.
- Лучистый теплообмен (тепловое излучение) – электромагнитное излучение, испускаемое веществом и возникающее за счет его внутренней энергии» [8].

Какие процессы передачи тепла способна уменьшить жидкая теплоизоляция? Чтобы ответить на этот вопрос и понять принцип действия жидкой теплоизоляции, рассмотрим ее состав.

«В жидком связующем составе из синтетического каучука и акриловых полимеров находятся два типа микросфер – вакуумированные (разреженный газ) керамические микросферы и силиконовые микросферы, заполненные воздухом. Схематичное изображение, фотография представлены на рисунке 15» [8].

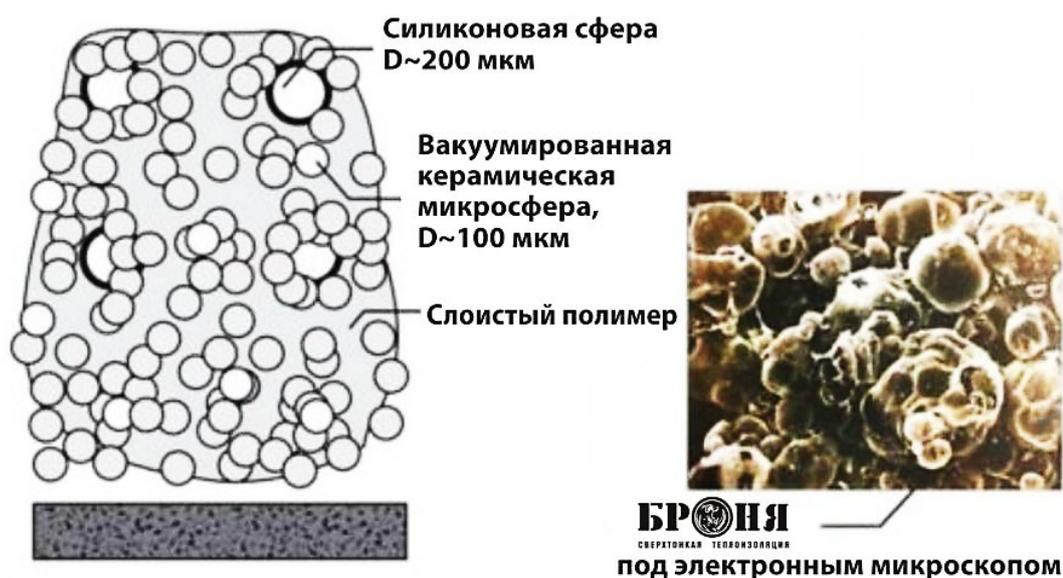


Рисунок 15 – Схема и фотография теплоизоляции «Броня»

«После нанесения материала на изолируемую поверхность, в процессе высыхания и последующей полимеризации покрытия, вокруг силиконовых микросфер с воздухом внутри, образуются коконы из керамических микросфер с вакуумом внутри.

Таким образом, создается каркас из плотно прилегающих друг к другу коконов, состоящих из силиконовых сфер, заполненных воздухом и керамических сфер с вакуумом (разряженным воздухом) внутри. Акриловый полимер плотно связывает между собой эти коконы, а также образует многослойную структуру, состоящую из мельчайших пленчатых волокон, между которыми образуются воздушные прослойки» [8].

«Теплопроводность воздуха составляет  $0,0262 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ . Известна теплопроводность керамических сфер с разреженным воздухом внутри, которая составляет не более  $0,00083 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ . А так как теплоизоляционные материалы серии «Броня» в среднем на 80 % состоят из микросфер, то только 20 % акрилового связующего может проводить тепло, так как имеет свою теплопроводность» [8].

«Другая доля передачи теплоты приходится на конвекцию, внутри материала она отсутствует, существует с поверхности материала. Лучистый теплообмен минимален, благодаря своему строению, жидкая теплоизоляция обладает низкой теплоотдачей с поверхности самого покрытия» [8].

«Необходимо понимать разницу между жидкой теплоизоляцией и традиционными утеплителями т.к. в них физика процесса передачи теплоты не одинакова.

В случае с жидкой теплоизоляцией – принцип её работы основан в большей мере на физике волн, а у традиционного утеплителя принцип работы основан только на теплопроводности материала.

Эффективность традиционных утеплителей напрямую зависит от толщины слоя: чем он толще, тем эффективнее изоляция.

Эффективность жидкой теплоизоляции зависит от толщины слоя только в определенных рамках – от 1 до 6 мм, последующее увеличение слоя покрытия практически не влияет на его эффективность» [8].

На рисунке 16 представлена схема прохождения теплового потока через слой теплоизоляции «Броня».



Рисунок 16 – Схема прохождения теплового потока через слой теплоизоляции «Броня»

«Теплоизоляционные материалы серии «Броня» состоят не только из акрилового связующего и микросфер как «Броня-Классик». В зависимости от модификации, в их состав вводятся специальные добавки, которые делают материал применимым для решения более широкого спектра задач» [8].

Например, «модификация «Броня-Антикор» содержит ингибитор коррозии, который, вступая в реакцию с ржавчиной, не дает ей пройти сквозь

покрытие и разрушить его. Модификацию «Броня-Зима» можно использовать при отрицательных температурах окружающего воздуха (до минус 35 °С). Особого внимания заслуживает модификация жидкого керамического теплоизоляционного покрытия «Броня-Антиконденсат», которое возможно наносить на влажную поверхность» [8].

«Жидкие керамические теплоизоляционные покрытия серии «Броня» успешно применяются на промышленных объектах, в сельском хозяйстве, в строительстве, и т.д. благодаря многочисленным преимуществам:

- возможность нанесения жидкой теплоизоляции на любую поверхность – металл, кирпич, бетон, пластик, прочие строительные материалы, а также на промышленное оборудование, различные воздуховоды и трубопроводы, емкости и цистерны и т.д.;
- материал имеет высокую адгезию к различным поверхностям, включая пластик, оцинкованную сталь, и т.д.;
- материал защищает изолированный объект от воздействия влаги, температурных колебаний, атмосферных осадков;
- обладает антикоррозийными свойствами;
- наносится на любую форму поверхности, например, на запорную арматуру, которую невозможно теплоизолировать никаким другим видом теплоизоляции;
- жидкая теплоизоляция толщиной 1 мм по теплопроводности заменяет 50 мм традиционной изоляции или кирпичную кладку толщиной в 1–1,5 кирпича;
- материал предотвращает образование конденсата;
- отражает до 85 % теплового излучения;
- защищает различные металлоконструкции от деформации при перепадах температур;
- отсутствие дополнительной нагрузки на несущие конструкции;

- покрытие устойчиво к воздействию УФ-лучей;
- материал быстро наносится, а готовое покрытие просто ремонтируется и восстанавливается;
- материал обладает огнеупорностью (обугливается при температуре 260 °С, разлагается при 800 °С с выделением окиси углерода и окиси азота, что замедляет распространение пламени);
- является экологически чистым продуктом, безопасным и нетоксичным;
- покрытие устойчиво к щелочному воздействию» [8].

«Тепловая изоляция «Броня» соответствует СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов». Магистральные и внутренние трубопроводы являются самыми распространенными объектами применения данных материалов. Покрытие способно снизить тепловые потери в 6-8 раз, при этом, не требуя применения защитного покрытия. Это позволяет сменить привычные теплоизоляционные материалы (стекловата, минеральная вата, ППУ-скорлупы и т.п.), повысить ремонтпригодность покрытия, снизить объемность теплоизоляционного покрытия, его вес, сроки и стоимость проведения работ» [24].

### **3.4 Способы нанесения жидкого теплоизоляционного покрытия**

Универсальность жидкого теплоизоляционного покрытия «Броня» заключается в том, что его можно наносить на любые поверхности любой конфигурации различными способами:

- кистью,
- шпателем,
- безвоздушным распылителем.

На рисунке 17 представлено оборудование сложной конфигурации, изолированное традиционной изоляцией из минеральной ваты с покрытием из жести и прошивными матами.



Рисунок 17 – Традиционная изоляция оборудования

На рисунке 18 представлено то же оборудование сложной конфигурации, изолированное жидким теплоизоляционным покрытием «Броня». Основным преимуществом бесшовного покрытия является полная изоляция оборудования. Этого невозможно добиться иными способами и материалами. Немаловажным показателем является приятный внешний вид изолированного оборудования. При повреждении традиционной изоляции, восстановление потребует больших затрат времени и сложности монтажа, восстановление теплоизоляционного покрытия серии «Броня» производится

просто и быстро. Повреждённый участок зачищается и на место повреждения наносится новое жидкое покрытие без остановки технологического процесса. Теплоизоляционное покрытие вновь получается бесшовным, изоляция полноценной, внешний вид соответствует исходному состоянию.



Рисунок 18 – Изоляция оборудования покрытием «Броня»

«При производстве работ важным критерием является максимальная эффективность при снижении трудозатрат. Аналогичные задачи стоят и для теплоизоляционных работ. Несмотря на легкость нанесения покрытий серии «Броня» с использованием малярной кисти, площади более 100 квадратных метров эффективнее обрабатывать с использованием механических средств – безвоздушных распылителей высокого давления.

Необходимо обратить внимание, что жидкие керамические теплоизоляционные покрытия в значительной степени отличаются от обычных лакокрасочных покрытий – вязкостью, наличием в структуре хрупких элементов в виде керамической микросферы. Это накладывает определенные условия на оборудование, применяемое для нанесения.

В случае использования неподходящего или некорректно настроенного оборудования – велика вероятность повреждения основного компонента в материале «Броня» – керамической микросферы, что приведет к значительному перерасходу из-за большой усадки и, самое главное, к аннулированию теплоизоляционных свойств покрытия» [11].

Рассмотренные варианты жидкого керамического теплоизоляционного покрытия позволяют добиться отличных результатов изоляции не только трубопроводов, но и оборудования сложных форм. Этот важный фактор простой и надёжной возможности изоляции оборудования конфигурации формы любой степени сложности представляет огромное конкурентное преимущество жидкого керамического теплоизоляционного покрытия. Данное преимущество способны оценить лишь специалисты, занимающиеся реконструкцией производственных, промышленных объектов и объектов коммунального хозяйства. Его невозможно переоценить. При использовании современного, инновационного материала кратно уменьшаются трудозатраты на изоляцию трубопроводов и оборудования, соответственно кратно уменьшаются сроки строительства или реконструкции, всё это влияет на значительное уменьшение стоимости производства работ.

При грамотном проектировании и подготовке строительства или реконструкции можно добиться непрерывности цикла производства работ. Дополнительным преимуществом является безотходность жидкого керамического теплоизоляционного покрытия, отсутствие обрезков основного материала и кровельного материала, что позволяет многократно уменьшить

площади складирования, транспортные и заготовительные расходы. Уменьшить номенклатуру закупаемых материалов и оборудования для целей изоляции, не использовать различный крепёж, метизы электроинструменты для изоляции. Исключить необходимость проведения работ квалифицированными работниками с допуском по электробезопасности.

Разнообразие модификаций жидкого керамического теплоизоляционного покрытия позволяет подобрать покрытие или их сочетания оптимальные по характеристикам и стоимости для каждого применения.

Особого внимания заслуживает модификация жидкого керамического теплоизоляционного покрытия «Броня-Антиконденсат». Данное покрытие возможно наносить непосредственно на поверхности с конденсатом при невозможности остановки технологического процесса, что подтверждено испытаниями.

Для удешевления производства теплоизоляционных работ на трубопроводах холодной воды следует применять послойное нанесение. Один слой жидкого керамического теплоизоляционного покрытия «Броня-Антикор» толщиной 0,5 мм и расчётное количество слоёв покрытия «Броня-Классик». При необходимости обеспечить повышенную противопожарную защиту трубопроводов, наружный слой покрытия должен быть нанесён из «Броня-Классик НГ».

### **3.5 Рекомендации по применению методов защиты и увеличению срока службы трубопроводов холодной воды**

Рекомендации по применению методов защиты и увеличению срока службы трубопроводов холодной воды на этапе проектирования, производства и эксплуатации.

Наибольшую эффективность даёт совместное применение защитного бесшовного покрытия на стадии монтажа, плюс обеспечение сухости окружающего воздуха помещения НС или ЦТП.

Обеспечить качественное покрытие поверхности трубопровода возможно при поэтапном контроле выполнения монтажа трубопроводов, их зачистки, нанесения грунта и основного защитного покрытия. Данная мера защиты разрабатывается и вносится в проектную документацию.

В зимний период температура холодной воды принимается  $2^{\circ}\text{C}$ , в летний  $15^{\circ}\text{C}$ . Температура в помещениях может быть различной, но выше  $0^{\circ}\text{C}$  зимой. Для защиты от конденсата необходимо минимизировать разницу температур.

Зимой поступающий извне холодный воздух содержит мало водяных паров, при его нагреве относительная влажность уменьшается – значит, конденсата не будет. Основная задача – не допустить замерзания трубопроводов ХПВ. Необходимо применять отопление в НС и ЦТП построенных на поверхности земли. В подземных сооружениях это не требуется, так как трубопроводы и оборудование находятся ниже глубины промерзания грунта. Такие сооружения предпочтительны – в них температура воздуха в разные периоды года меняется незначительно, нет опасности промерзания зимой и прогрева летом.

Летом опасность замерзания отсутствует, влаги в воздухе достаточно много, необходимо применение принудительной вентиляции для удаления водяных паров из помещений НС или ЦТП.

Обязательно для всех объектов НС и ЦТП создание систем естественной и принудительной вентиляции. Естественная вентиляция обеспечивает удаление влажного воздуха в штатном режиме работы.

В аварийных ситуациях и при проведении ремонтных работ для их устранения вода из трубопроводов сливается в дренаж, чаще всего он открытый, происходит интенсивное испарение в объем НС или ЦТП.

В данном случае необходимо применение принудительной вентиляции для удаления водяных паров из помещений НС или ЦТП. Так же это необходимо для обеспечения нормальных условий работы ремонтных бригад. Это и будет второй важнейшей мерой защиты трубопроводов ХПВ.

Рассмотренные варианты жидкого керамического теплоизоляционного покрытия позволяют добиться отличных результатов изоляции не только трубопроводов, но и оборудования сложных форм.

Разнообразие модификаций жидкого керамического теплоизоляционного покрытия позволяет подобрать покрытие или их сочетания оптимальные по характеристикам и стоимости для каждого применения.

Не менее важной мерой защиты являются организационные меры эксплуатирующей организации. Необходим дежурный персонал для ежедневного контроля за состоянием основного оборудования, трубопроводов, системами поддержания микроклимата. Инструкции для работников, просто и понятно отражающие характер работы оборудования и действия персонала.

Проведение плановых ремонтных и окрасочных работ в наиболее благоприятный момент в году, когда температура воды в трубопроводе максимально приближена к температуре окружающего воздуха.

Совместное применение организационных и технических мер обеспечит сохранность трубопроводов, повышение их надёжности – цели работы. Экономия средств за счёт отсутствия постоянного текущего ремонта, экономию времени работ аварийно-восстановительных бригад.

Выводы по главе 3:

Представлены инновационные изоляционные материалы и способы их нанесения. Данные мероприятия эффективны в том случае, если меры защиты трубопроводов, представленные в главах 1 и 2 не позволяют добиться долговременной эффективной их защиты.

Так же данные инновационные изоляционные материалы применяются при реконструкции трубопроводов, заменяя собой традиционные изоляционные материалы. Не требуют применения покровных материалов (стеклоткань, жесть). Это позволяет значительно ускорить работы по реконструкции трубопроводов, получить наилучшее бесшовное, монолитное, теплоизоляционное покрытие. Многократно уменьшить материалоёмкость и сложность выполнения работ.

Так как новое бесшовное покрытие не впитывает воду, его свойства не ухудшаются при намокании в аварийных ситуациях или при атмосферных осадках.

Дополнительным преимуществом является возможность наносить цветное покрытие. Добавив в него колер, получить требуемый цвет. Получить эстетичный внешний вид трубопроводов, относительно скрыть их на фоне фасада здания или сооружения.

## Заключение

В работе рассмотрены основные существующие методы защиты трубопроводов холодной воды, применяемые в настоящий момент на объектах внутриквартального водоснабжения.

Проведены обследования действующих объектов водоснабжения. В результате определена методика оценки необходимых мер защиты трубопроводов холодной воды и их совместного применения.

Предложен максимально эффективный метод защиты трубопроводов в самых сложных условиях длительной эксплуатации – жидкая теплоизоляция.

Предложенный метод изоляции является наилучшим решением для борьбы с конденсатом на поверхности трубопровода.

По результатам наблюдений, а также при сравнении достоинств и недостатков различных типов изоляции наиболее перспективным типом является именно жидкая теплоизоляция, поскольку она позволяет в полном объеме выполнить задачи, стоящие перед ней: сплошное, монолитное покрытие, полная изоляция геометрически сложных участков трубопроводов и оборудования, высокая ремонтпригодность, уменьшение затрат на эксплуатацию объектов водоснабжения. Бесшовное покрытие не впитывает воду, его свойства не ухудшаются при намокании в аварийных ситуациях или при атмосферных осадках. Дополнительным преимуществом является возможность наносить цветное покрытие.

При применении подобных инновационных покрытий, наблюдается полное отсутствие конденсата на поверхностях оборудования и трубопроводов холодной воды, что важно для поддержания стабильных эксплуатационных характеристик систем водоснабжения потребителей в ЦТП и насосных станциях.

Это позволяет решить основную цель работы – защитить трубопроводы холодной воды от аварий на длительный срок.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Исследование работы внутриквартальных подкачивающих насосных станций / А. А. Кирсанов, В. Н. Колчев, В. В. Шмиголь, М. Д. Черносвитов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 9-2. – С. 30-33. – EDN OFAILL.

2. Бестраншейные технологии восстановления трубопроводов [Электронный ресурс]. – URL: [https://matline.ru/pdf/wavin\\_Bestr.pdf](https://matline.ru/pdf/wavin_Bestr.pdf) (дата обращения: 03.12.2023).

3. Соков, В. Н. Коррозия под изоляцией как один из факторов сокращения срока службы промышленных трубопроводов / В. Н. Соков, Е. А. Шувалова, А. С. Землянко // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2020. – Т. 10, № 2(33). – С. 264-273. – DOI 10.21285/2227-2917-2020-2-264-273. – EDN MCOASC.

4. Васильева Ирина Леонидовна, Немова Дарья Викторовна. Энергоэффективные материалы нового поколения в строительстве // Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург. 2018. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energoeffektivnye-materialy-novogo-pokoleniya-v-stroitelstve> (дата обращения: 01.05.2025).

5. ГОСТ 3262-75 Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия.

6. ГОСТ 51164-98 Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии.

7. Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю. Трубопроводы систем жизнеобеспечения ЖКХ как объекты пристального внимания // Сборник научных трудов ГОУВПО ЛНР «ДонГТУ». 2016. №4 (47). – С. 123-139. – ISSN 2077-1738.

[Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/truboprovody-sistem-zhizneobespecheniya-zhkh-kak-obekty-pristalnogo-vnimaniya> (дата обращения: 06.01.2025).

8. Жидкая теплоизоляция [Электронный ресурс]. – URL: <https://bronya-insulation.ru/zhidkaya-teploizolyaciya> (дата обращения: 20.02.2025).

9. Защита трубопроводов от коррозии: методические указания к проведению практических занятий и выполнению самостоятельной работы для студентов направлений 08.03.01 «Строительство», 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 21.03.01 «Нефтегазовое дело», 08.04.01 «Строительство», 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 21.04.01 «Нефтегазовое дело» всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: Г.Н. Мартыненко, Д.Н. Китаев, Н.А. Петрикеева, С.Г. Тульская. – Воронеж: ВГТУ, 2022. – 32 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cchgeu.ru/upload/iblock/15a/4j28iloc4gwghqqgktx2un9pkqz6x8bq/MU-Zashchita-truboprovodov-ot-korrozii.pdf> (дата обращения: 13.12.2024).

10. Моисеева Е.В. Восстановление трубопроводов бестраншейными методами // Наука и образование сегодня. 2022. №2 (71). [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vosstanovlenie-truboprovodov-bestransheynymi-metodami> (дата обращения: 03.12.2023).

11. Нанесение покрытий [Электронный ресурс]. – URL: <https://bronya-insulation.ru/nanesenie-pokrytij> (дата обращения: 20.02.2025).

12. Насосные станции пожаротушения и водоснабжения [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vo-da.ru/articles/nasosnye-stancii/vodosnabzheniya> (дата обращения: 22.06.2024).

13. Орлов, В.А. Тактика реновации водопроводных и водоотводящих сетей / В.А. Орлов // Вестник МГСУ. – 2009. – № 2. – С. 167-171. – EDN KYKZMN.

14. Рымаров А.Г., Лушин К.И. Тепловой режим теплоизолированного трубопровода системы холодного водоснабжения // Научно-практический Интернет-журнал «Наука. Строительство. Образование». 2012. Вып. 1. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.nso-journal.ru>. (дата обращения: 05.01.2025).

15. СП 31.13330.2021 «СНиП 2.04.02-84\* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». Издание официальное. – Москва, 2021.

16. СП 510.1325800.2022 «Тепловые пункты и системы внутреннего теплоснабжения». Издание официальное. – Москва, 2022.

17. СП 61.13330.2012 «ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ». Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003«. Издание официальное. – Москва, 2012.

18. Статья «Защита трубопроводов от коррозии с использованием современных изоляционных покрытий» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ankort.ru/story2.php> (дата обращения: 13.12.2024).

19. Статья «Изоляционные покрытия» [Электронный ресурс]. – URL: [http://studopedia.su/11\\_15195\\_izolyatsionnie-pokritiya.html](http://studopedia.su/11_15195_izolyatsionnie-pokritiya.html) (дата обращения: 13.12.2024).

20. Статья «Как избавиться от капель конденсата на трубах с холодной водой» [Электронный ресурс]. – URL: <https://m-strana.ru/articles/kak-izbavitsya-ot-kondensata-na-trubakh-s-kholodnoy-vodoy> (дата обращения: 01.05.2025).

21. Статья «Как убрать конденсат с труб холодной воды» [Электронный ресурс]. – URL: <https://antagroup.ru/info/articles/kak-ubrat-kondensat-s-trub-kholodnoy-vody> (дата обращения: 05.01.2025).

22. Статья «Конденсат – враг изоляции» [Электронный ресурс]. – URL: <https://xn--b1agyekgek.xn--plai/articles/kondensat-vrag-izolyatsii/?ysclid=ma51i8eryt482828381> (дата обращения: 01.05.2025).

23. Тепловая изоляция трубопроводов [Электронный ресурс]. – URL: <https://psk35.ru/stati/teplovaya-izolyaciya-truboprovodov.html> (дата обращения: 05.01.2025).

24. Теплоизоляция паропроводов, водопроводов и теплотрасс [Электронный ресурс]. – URL: <https://xn--90aych1f.xn--p1ai/en/projects/teploizolyatsiya-paroprovodov-vodoprovodov-i-teplotrass> (дата обращения: 28.03.2025).

25. Храменков, С.В. Стратегия модернизации водопроводной сети / С.В. Храменков ; С.В. Храменков. – Москва : Изд-во «Стройиздат», 2005. – 398 с. – ISBN 5-274-01704-5. – EDN QNLXXX.

26. Cai, Shanshan; Cremaschi, Lorenzo; and Ghajar, Afshin J., «Moisture Accumulation and Its Impact on the Thermal Performance of Pipe Insulation for Chilled Water Pipes in High Performance Buildings» (2012). International High Performance Buildings Conference. Paper 59. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.lib.purdue.edu/ihrbc/59> (дата обращения: 01.05.2025).

27. Dominika Mackova, Jana Perackova. Ensuring the Required Potable Water Temperature in Water Pipeline Inside Buildings // Periodica Polytechnica Mechanical Engineering. August 2021. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/353783985\\_Ensuring\\_the\\_Required\\_Potable\\_Water\\_Temperature\\_in\\_Water\\_Pipeline\\_Inside\\_Buildings](https://www.researchgate.net/publication/353783985_Ensuring_the_Required_Potable_Water_Temperature_in_Water_Pipeline_Inside_Buildings) (дата обращения: 07.01.2025).

28. Michael J. Mitchell. Corrosion Under Insulation-New Approaches to Coating and Insulation Materials // CORROSION 2003, San Diego, California, March 2003. [Электронный ресурс]. – URL: <https://onepetro.org/NACECORR/proceedings-abstract/CORR03/All-CORR03/114809> (дата обращения: 07.01.2025).

29. Swift, Mark. «Corrosion Under Insulation on Industrial Piping - a Holistic Approach to Insulation System Design.» Paper presented at the CORROSION 2019,

Nashville, Tennessee, USA, March 2019. [Электронный ресурс]. – URL: <https://onetro.org/NACECORR/proceedings-abstract/CORR19/All-CORR19/127255> (дата обращения: 01.05.2025).

30. TIMSA guidance for achieving compliance with Part L of the Building Regulations // TIMSA. Thermal Insulation Manufacturers & Suppliers Association. ©TIMSA 2006. ISBN: 0 9533319 0 3. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.timsa.org.uk/TIMSAHVACGuidance.pdf> (дата обращения: 07.01.2025).