

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра теплотехники и гидрогазодинамики

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ В.А. Кулагин

подпись инициалы, фамилия

«_____» _____ 2022 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.01 - Теплоэнергетика и теплотехника

Использование неметаллических труб в тепловых сетях

Руководитель _____ доцент, канд. техн. наук Радзюк А.Ю.
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ Стулин А.С.
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2022

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Использование неметаллических трубопроводов в тепловых сетях» содержит 50 страниц текстового документа, 12 иллюстраций, 2 таблицы, 19 использованных источников.

НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ТРУБЫ, ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ,
ПОЛИЭТИЛЕНОВЫЕ ТРУБЫ, СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫЕ ТРУБЫ,
ХРИЗОТИЛЦЕМЕНТНЫЕ ТРУБЫ.

Цели ВКР:

Обосновать использование неметаллических труб в тепловых сетях города Красноярск с технической и экономической точки зрения.

Задачи ВКР:

- Провести обзор неметаллических труб.
- Провести обзор монтажа неметаллических труб.
- Рассмотреть применяемые материалы тепловой изоляции для стальных и неметаллических труб.
- Рассмотреть зарубежный опыт применения неметаллических труб.
- Рассмотреть безопасность и экологичность данных труб.
- Провести сравнительный анализ обзореваемых труб.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Обзор неметаллических труб.....	7
1.1 Полиэтиленовые трубы	7
1.2 Стеклопластиковые трубы	10
1.3 Хризотилцементные трубы	12
2. Монтаж неметаллических труб	15
2.1 Монтаж полимерных труб (полиэтиленовых и стеклопластиковых)	16
2.2 Монтаж хризотилцементных труб.....	23
3. Применение тепловой изоляции для стального и неметаллического трубопровода	28
4. Зарубежный опыт применения неметаллических труб.....	33
5. Безопасность и экологичность.....	37
5.2 Территория, помещения и рабочие места.....	38
5.3 Оборудование, устройства и сооружения тепловых сетей.....	39
5.4 Особенности эксплуатации полимерных труб и работ с ними	40
5.5 Особенности эксплуатации хризотилцементных труб и работ с ними ..	40
5.6 Экологичность.....	41
6. Анализ обзореваемых неметаллических труб.....	42
Заключение	47
Список использованных источников	48

ВВЕДЕНИЕ

Тепловые сети представляют собой технические сооружения, которые необходимы для транспортировки тепла от источника к потребителю. Они являются неотъемлемой частью централизованного теплоснабжения каждого города России. От того насколько эффективно функционируют тепловые сети, зависит комфортная жизнь граждан. Поэтому так важно следить за тем, чтобы в данной сфере все работало исправно и надежно.

Главными элементами тепловой сети являются:

- Трубопровод
- Изоляционные конструкции
- Несущие конструкции

Трубопровод здесь является самым ответственным звеном и должен соответствовать таким главным требованиям, как:

- Высокая стойкость к коррозии
- Низкий коэффициент теплопроводности
- Низкий коэффициент температурных деформаций
- Простота монтажа и надежность соединения труб

Однако, из всех элементов в системе централизованного теплоснабжения тепловые сети – одни из самых ненадежных. Трубы, используемые в тепловых сетях, зачастую стальные. Такие трубы популярны в основном из-за механических свойств, надежности соединений и относительной дешевизны.

Но в полной мере они не отвечают большинству требований. Главными причинами отказа от стальных труб могут стать:

- Низкая стойкость к коррозии
- Высокий коэффициент теплопроводности
- Большая масса
- Монтаж труб

Низкая стойкость к коррозии приводит к тому, что внутренняя поверхность трубы быстро изнашивается. Из-за этого трубы подвержены зарастанию продуктами коррозии и других отложений, что в свою очередь увеличивает гидравлические потери и приводит к износу оборудования.

Из-за того, что сталь обладает высоким коэффициентом теплопроводности, необходимо компенсировать данную проблему большим количеством тепловой изоляции, что увеличивает затраты на эксплуатацию стального трубопровода в целом.

Большая масса также относится к недостаткам стального трубопровода, так как при разгрузке и монтаже требует дополнительных усилий. Масса может варьироваться от 1 до 491 кг в зависимости от длины трубы и ее диаметра. [7]

Монтаж стальных труб нельзя однозначно назвать недостатком. Сварка является надежным и герметичным соединением. Но для того, чтобы соединить сваркой две металлические трубы, необходимо нанимать на работы высококвалифицированного специалиста и иметь необходимые сварные аппараты, что влечет за собой экономические затраты. Также сварка является время затратным процессом.

На сегодняшний день в России возросли потери в тепловых сетях. Данное значение составляет примерно 20% вместо нормируемых 5%. Связано это с тем, что 70% трубопроводов выработали свой ресурс, а утечки составляют от 18 до 20%, хотя нормируемое значение всего 0,25%. [11]

Из-за перечисленных выше проблем срок эксплуатации труб уменьшается в 3-4 раза при заявленных 25 годах. А в некоторых случаях эксплуатации сквозные повреждения могут появиться уже через 3 года. [11]

Для того, чтобы решить все эти проблемы, необходимо модернизировать и улучшать систему теплоснабжения. Один из путей решения может стать замена стального трубопровода на трубопровод, изготовленный из неметаллических материалов, таких как полиэтилен, стеклопластик и хризотилцемент.

Данные материалы обладают общими преимуществами относительно стали:

- Устойчивость к коррозии
- Увеличенный срок эксплуатации
- Низкий коэффициент теплопроводности
- Малый коэффициент шероховатости

1. Обзор неметаллических труб

1.1 Полиэтиленовые трубы

Существует три вида полиэтиленовых труб:

- Полиэтилен высокого давления (ПЭВД)
- Полиэтилен низкого давления (ПЭНД)
- Сшитый полиэтилен (ПЭ-Х)

ПЭВД представляет собой полимер, изготавливаемый методом полимеризации углеводородного соединения «этилен» под температурой в 180 °С и давлением до 3000 атмосфер, также в этом процессе участвует кислород. [12]

Стоит отметить, что ПЭВД обладает малыми прочностными характеристиками и предназначен лишь для использования в безнапорных системах. Данный тип труб можно использовать в напорных системах, но тогда необходимо увеличивать толщину стенок, чтобы повысить прочностные характеристики, что ведет к увеличению затрат на производство. Также ПЭВД низкой для тепловых систем температурой плавления – всего 100-115 °С.

Эти недостатки не позволяют использовать такой тип труб в тепловых сетях.

ПЭНД – это полимер высокой плотности, получаемый реакцией полимеризации этилена при низком давлении. По своим характеристикам является твердым и жестким веществом, используемым в качестве сырья для производства предметов технического и бытового назначения. [12]

Такой тип труб обладает высокими прочностными характеристиками, что делает реальным использование его в напорных системах. Такой материал отлично выдержит перепады давления. Но стоит учесть, что трубы из ПЭНД хуже гнутся и более хрупкие. Исходя из «ГОСТ 18599-2001. Трубы напорные из полиэтилена», из данного материала изготавливают напорные трубы ПЭ-63, ПЭ-80 и ПЭ-100, которые используются для прокладки трубопроводов,

транспортирующих воду, но только при рабочей температуре от 0 до 40 °С. Отсюда следует, что в тепловых сетях использование труб ПЭНД невозможно.

ПЭ-Х - это полимер с модифицированной структурой молекулярных связей, основой которого является полимеризованный под высоким либо низким давлением этилен. Х в названии данного полимера означает, что он сшитый. Является наиболее плотным среди других полиэтиленовых материалов и имеет более высокие технические показатели.

Такие трубы наиболее всего подходят для использования в тепловых сетях, так как способны выдержать давление до 16 атмосфер, а их рабочая температура достигает 115 °С. [14]

Один из самых популярных отечественных производителей полимерных труб «Полимертепло» представляет трубы «Изопрофлекс», которые изготавливаются из тонкостенных ПЭ-Ха труб. Модификация ПЭ-Ха производится пероксидным методом и имеет самый высокий коэффициент сшивки в 85%.

Рассмотрим конструкцию одного из вариантов трубы «Изопрофлекс-115А/1,6» с рабочим давлением в 1,6 МПа и рабочей температурой 115 °С.

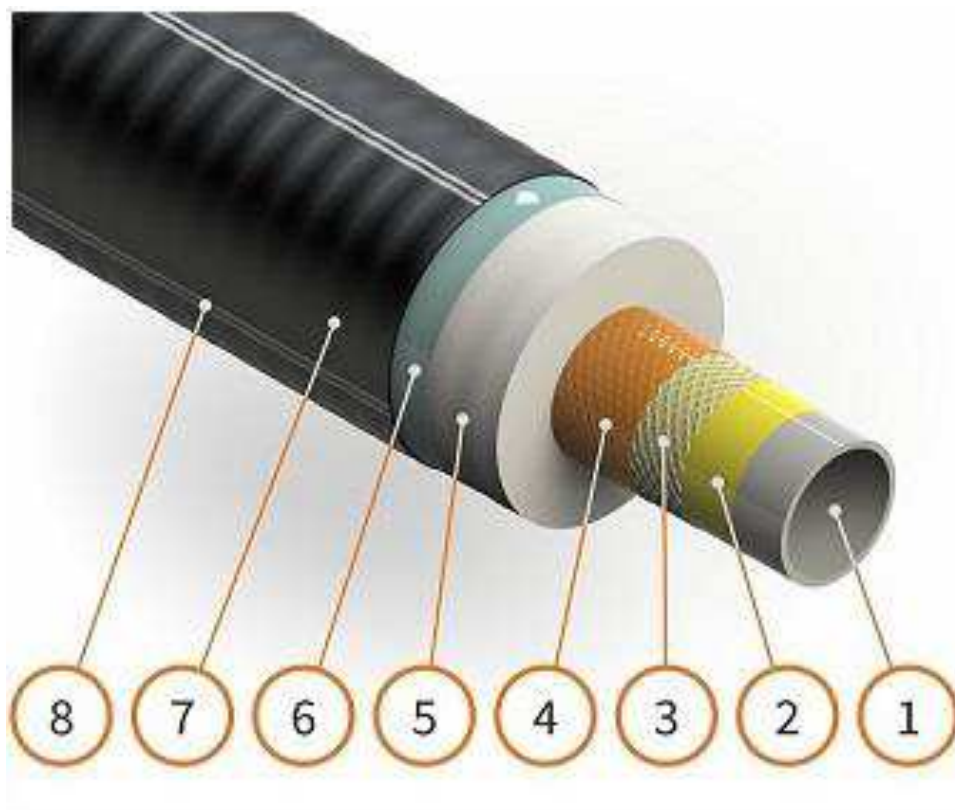


Рисунок 1 - Конструкция трубы «Изопрофлекс-115А/1,6»

Многослойная конструкция, состоящая из тонкостенной ПЭ-Ха трубы (1), соединенная высокотемпературным адгезивом (2) с армирующим слоем (3), который представляет из себя нити из высокомодульного волокна. Армирующий слой у полиэтиленовых труб необходим для сокращения линейного удлинения. После идет наружной слой трубы (4), на который ложится слой теплоизоляции (5), изготовленный из полужесткого пенополиуретана. Следом идет барьерный слой (6), предназначенный для снижения поступающего внутрь кислорода через стенку трубы. Завершающим слоем выступает защитная пленка (7) из полиэтилена, поверх которой идут идентификационные полосы (8).

Исходя из всего вышеперечисленного, можно сделать вывод, что данный вид труб имеет следующие преимущества и недостатки перед стальными трубами.

Преимущества:

- Имеет повышенный срок эксплуатации

- Малый коэффициент теплопроводности
- Быстрый монтаж и демонтаж
- Возможность соединения труб без помощи сварки
- Меньший вес конструкции
- Высокая стойкость к коррозии
- Меньшее гидравлическое сопротивление

Недостатки:

- Малые рабочие температуры трубопровода (115 °С и меньше)
- Меньшая устойчивость к внешним нагрузкам

1.2 Стеклопластиковые трубы

Стеклопластики представляют собой композитные конструкционные материалы, сочетающие высокую прочность с относительно небольшой плотностью. Они успешно конкурируют с такими традиционными материалами, как металлы и их сплавы.

Стеклопластиковые трубы в 4 раза легче стальных труб. Также стоит учесть, что они являются стойкими к коррозии, в том числе и электрохимической, стойки к агрессивным средам. Из-за того, что данный материал не подвержен коррозии, внутренняя поверхность труб не зарастает различными отложениями, в следствии чего можно сократить внутренний диаметр труб.

В отличие от полимерных труб стеклопластиковые обладают пониженной горючестью, повышенными физико-механическими характеристиками, устойчивостью к перегрузкам до 1,5 рабочего давления при температуре до 130 °С. Масса не теплоизолированных стеклопластиковых труб немного больше, чем масса эквивалентных труб из сшитого полиэтилена. А если взять во внимание то, что цена за метр полиэтиленовой трубы в 3 раза больше, чем у

стеклопластиковой, то можно сказать, что разница в массе очень мала. Также стоит отметить, что у стеклопластика коэффициент температурного удлинения на порядок меньше, чем у сшитого полиэтилена, а жесткость на порядок больше, при сохранении свойств самокомпенсации. При температуре в 95 °С и равной длине труб в 10 метров стальная увеличится на 10 мм, стеклопластиковая – на 16 мм, а из сшитого полиэтилена – на все 200 мм. [9]

На рисунке 2 продемонстрирована конструкция стеклопластиковой трубы.

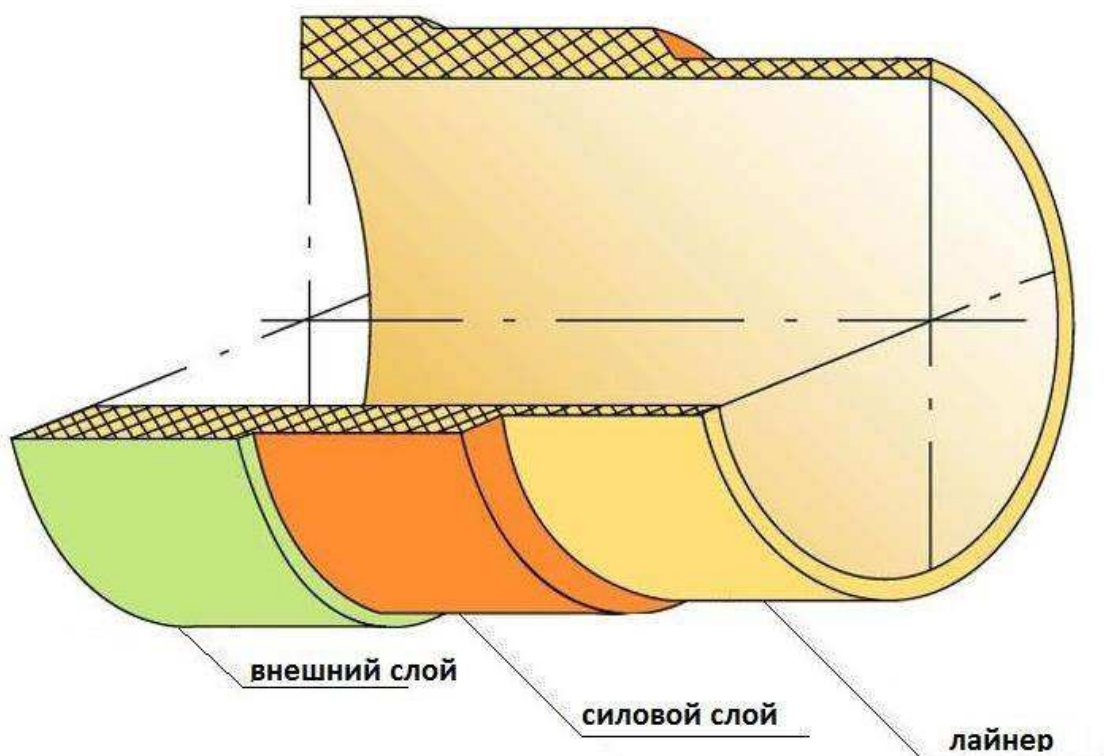


Рисунок 2 - Конструкция стеклопластиковое трубы.

Внутренний слой, или лайнер, изготавливается из стекловолокна и является основой для трубы. После него идет силовой слой, который необходим для реализации механической прочности всей конструкции. Изготавливают его из полимеров, стекловолокна, рубленного стекловолокна или стеклянной нити.

Заключительным выступает внешний слой, главной функцией которого является защита от внешней среды.

Преимущества стеклопластиковых труб:

- Малый коэффициент теплопроводности.
- Простой монтаж и демонтаж.
- Малый вес конструкции.
- Отсутствие сварных работ.
- Меньшее гидравлическое сопротивление в связи с малой шероховатостью трубы.
- Высокая коррозионная стойкость.

Недостатки:

- При сильных нагрузках поперек волокон трубы существует высокая вероятность появления трещин.
- Небольшие рабочие температуры теплоносителя (110 °С и меньше) относительно стальных труб

1.3 Хризотилцементные трубы

Хризотилцемент – искусственный каменный композиционный материал, получаемый при затвердении смеси, состоящей из 80–90 % портландцемента, 10–20 % хризотила, а также воды. Хризотил щелочестоек, что обуславливает устойчивость его волокон в щелочной среде цементного камня. Волокна хризотила находятся в хризотилцементе в связанном состоянии и не выделяются в окружающую среду. [18]

Хризотилцемент как материал пожаробезопасен (не горит), не гниет, стоек в щелочных средах, непродолжительное время устойчив в кислых средах, не корродирует даже в самых неблагоприятных условиях, не пропускает электрический ток, электромагнитные и радиоактивные излучения, имеет низкую теплопроводность и выдерживает повышенную температуру.

Трубы из хризотилцемента изготавливают путем формования труб с помощью стальных валов, что позволит достичь достаточно гладкую поверхность. Конечно, по сравнению с новейшими сталями хризотилцементная будет немного проигрывать им по шероховатости внутренней поверхности, но за счет того, что такие трубы дешевле стальных, можно увеличить типоразмер трубы на больший и тем самым скомпенсировать шероховатость. Также стоит учесть и то, что стальная труба со временем начнет портиться из-за внутренней коррозии. Это ведет к зарастанию внутренней поверхности трубы, что увеличит шероховатость, а также увеличит гидравлическое сопротивление. Данная проблема хризотилцементной трубе не грозит.

По «ГОСТ 31416-2009 Трубы и муфты хризотилцементные» определено, что хризотилцементные напорные трубы типа ТТ-16 предназначены для теплотрасс с рабочей температурой теплоносителя не более 115 °С и рабочим давлением не более 1,6 МПа. Срок эксплуатации труб из хризотилцемента по «СП 41-106-2006 Проектирование и монтаж подземных трубопроводов для систем горячего водоснабжения и теплоснабжения из напорных асбестоцементных труб и муфт» из хризотилцемента при таких параметрах составляет 25 лет.

Преимущества:

- Высокая стойкость к коррозии.
- Дешевизна производства.
- Устойчивость к агрессивным средам.
- Малый коэффициент теплопроводности.
- Отсутствие сварных работ.
- Отличный диэлектрик.
- Хризотилцемент является не горючим материалом.
- Длительный срок эксплуатации (от 25 лет).

Недостатки:

- Большая шероховатость внутренней поверхности трубы, чем у стали.

- Данный трубы не рекомендуется укладывать в подвижные почвы, так как хризотилцемент достаточно хрупкий материал.

2. Монтаж неметаллических труб

Монтаж всех трубопроводов осуществляется несколькими методами, которые можно разделить на два вида прокладки: подземная и надземная. Способ прокладки трубопровода будет зависеть от: вида грунта, диаметра трубопровода и загруженности транспортного сообщения.

Подземную прокладку можно разделить на два подвида:

- Бесканальная – прокладка трубы происходит непосредственно в сам грунт без каких-либо дополнительных сооружений.
- Канальная – трубы укладываются в каналы из железобетона закопанные в грунт.

Методы укладки труб:

- Траншейный – выкапывается траншея, в которую после укладываются трубы.
- Бестраншейный – такой метод позволяет не вскапывать грунт.

Траншейный является дорогостоящим методом прокладки труб, который влечет за собой разрушение дорожных покрытий и повреждение грунта. Такой метод прокладки часто вызывает дискомфорт у граждан. Всех этих недостатков лишен бестраншейный метод.

Существует множество технологий прокладки труб бестраншейным методом:

- Санация.
- Горизонтально-направленное бурение.
- Прокалывание грунта.
- Продавливание грунта.

Первая технология подразумевает под собой замену старых труб на новые, путем релейнинга и реновации. Релейнинг – это замена старого трубопровода на новый, где в старые трубы загоняют новые. Отсюда следует, что такой тип санации не предполагает под собой изменения диаметра трубы. Реновация же

позволяет изменять диаметр трубы: в старые трубы вдавливают новые с помощью специальной установки, где под давлением старый трубопровод ломается, образуя защитную оболочку вокруг нового трубопровода.

Горизонтально-направление бурение происходит при помощи буровых машин. Вся операция происходит в 3 этапа. Сначала на буровую машину одевается наконечник, с помощью которого можно менять направление прокопа. После прокопа наконечник заменяют на расширитель, и уже в обратной направлении происходит расширение скважины. Все это время в грунт из специальных отсеков подается буровой раствор, который необходим для размывания грунта, уменьшения температуры между буром и грунтом и уменьшения трения. Лишний раствор откачивается с помощью помпы. По завершению этих работ начинается протяжка трубопровода.

Метод прокалывания грунта также не обходится без использования специальной техники. На трубу одевается специальный трос с коническим наконечником, после чего ее вдавливают в грунт.

Метод продавливания грунта происходит следующим образом: на торец трубы одевается специальный «нож». Далее с помощью установок трубы загоняют в грунт, а образовавшуюся пробку из грунта внутри трубы разрабатывают и удаляют.

2.1 Монтаж полимерных труб (полиэтиленовых и стеклопластиковых)

Существует два метода монтажа полиэтиленовых труб: с помощью сварки и без помощи сварки. Сварка полиэтиленовых труб требует особого сварочного оборудования и квалификации персонала.

Способы сварки полиэтиленовых труб:

- Стыковая сварка – свариваемые детали трубопровода зажимают хомутами сварочного аппарата, после чего с помощью торцевателя

придают торцам труб ровную и гладкую поверхность. Далее нагревательным блином торцы труб нагревают до температуры плавления, после чего трубы соединяют с определенным усилием, зависящим от диаметра и толщины стенки труб.

- Электромuftовая сварка – со свариваемых деталей снимается оксидный слой с наружных поверхностей трубы концов труб, очищенные поверхности обезжириваются и далее надевается муфта. Далее сварочный аппарат настраивается под необходимые параметры сварки, после чего спираль муфты нагревает детали до однородной вязкой массы.



Рисунок 3 - Стыковая сварка



Рисунок 4 - Электромuftовая сварка

Способы соединения труб без сварки:

- Фланцевое соединение – данным способом возможно соединить трубы диаметром до 1600 мм. Трубы с уже приваренными втулками под фланец поставляются на строительную площадку, где процесс сбора труб происходит без сварочных работ. Такой тип соединения позволяет соединять стальные трубы с полимерными, устанавливать стальную запорную и регулирующую арматуру и т.д.
- Соединение с помощью компрессионных фитингов – данным способом возможно соединить трубы диаметром до 110 мм. Также стоит учесть, что фитинги рассчитаны на давление 16 атмосфер (диаметр фитинга до 63 мм) и 10 атмосфер (диаметр фитинга 75-110 мм).



Рисунок 5 - Фланцевое соединение



Рисунок 6 - Компрессионные фитинги

Монтаж стеклопластиковых труб прост и не требует особых навыков и наличия специалистов на строительной площадке. Существует несколько видов монтажа данных труб:

- Муфтовое соединение – на одном из концов труб на заводе-изготовителе устанавливается муфта с уплотнителем, в которую после очистки поверхности от грязи и пыли вставляется другая труба, после чего муфта затягивается.
- Механическое соединение – то же, что и муфтовое соединение, только муфта одевается сразу на обе соединяемые трубы.
- Фланцевое соединение – такое же соединение, как и у полиэтиленовых труб.
- Клеевое (ламинированное) соединение – такое соединение выполняется из полиэфирных смол. Данное соединение выполняется, если невозможно выполнить предыдущие соединения, требует соблюдение идеальной чистоты поверхности труб и квалифицированного специалиста. Не подходит для больших давлений.

Монтаж полимерных труб обычно проводится подземно. При этом внутренние поверхности траншей, в которые закладываются трубы, не должны иметь острых выступов. Это делается для того, чтобы скомпенсировать удлинение пластмассовых трубопроводов, избегая при этом деформации. Это не актуально для стеклопластиковых труб, так как их коэффициент теплового удлинения очень мал – всего от 0,11 до $0,3 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. [1]

Величину удлинения труб (Δl) можно определить по формуле (1):

$$\Delta l = a\Delta TL \quad (1)$$

где a - коэффициент теплового линейного расширения материала трубы, $^\circ\text{C}$;

ΔT – разность между максимальной и минимальной температурой трубопровода, Н/м³;

L – длина трубопровода, м;

Также в трубопроводе при изменении температуры могут возникнуть продольные усилия. Чтобы узнать величину продольных усилий (N_t) без учета компенсации, можно воспользоваться формулой (2):

$$N_t = a\Delta TE_0F \quad (2)$$

где E_0 – модуль упругости материала трубы, МПа;

F – площадь поперечного сечения стенки трубы, м²;

Существует несколько основных элементов, с помощью которых можно компенсировать температурные удлинения:

- Отводы.
- П-образные компенсаторы
- Сильфонные и другие виды компенсаторов

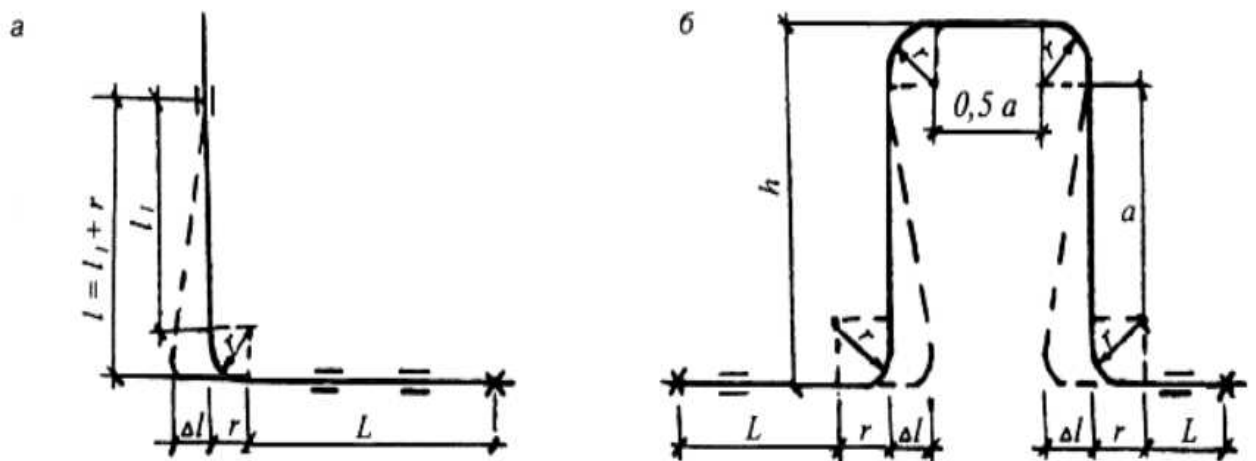


Рисунок 7 – Схема гнутого отвода и компенсатора

а – отвод; б – компенсатор.

Во время проектирования трубопровода производятся гидравлические расчеты для определения величины напора, необходимую для подачи воды потребителю. Она определяется по формуле (3):

$$H_{\text{тр}} = \sum i_t l + \sum h_{\text{мс}} + h_{\text{геом}} + h_{\text{св}} \quad (3)$$

где i_t – удельные потери напора при температуре t в $^{\circ}\text{C}$, м/м;

l – длина участка трубопровода, м;

$h_{\text{мс}}$ – потери напора в стыковых соединениях и в местных сопротивлениях, м
(допускается $\sum h_{\text{мс}}$ принимать равной 20-30% $\sum i_t l$);

$h_{\text{геом}}$ – геометрическая высота (самая высокая точка участка), м;

$h_{\text{св}}$ – свободный напор на изливе из трубопровода, м.

Чтобы определить потери напора (i_t), не учитывая гидравлические сопротивления стыковых соединений, можно воспользоваться формулой (4):

$$i_t = \frac{\lambda V^2}{2gd} \quad (4)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления по длине;

V – средняя скорость движения воды, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

d – внутренний диаметр трубопровода, м.

Для того, чтобы определить коэффициент гидравлического сопротивления, необходимо воспользоваться формулой (5):

$$\sqrt{\lambda} = \frac{0,5 \left[\frac{b}{2} + \frac{1,312(2-b) \lg\left(\frac{3,7d}{K_3}\right)}{\lg Re_{\phi} - 1} \right]}{\lg\left(\frac{3,7d}{K_3}\right)} \quad (5)$$

где b - число подобия режимов течения воды;

Re_{ϕ} - фактическое число Рейнольдса;

K_3 - коэффициент эквивалентной шероховатости, м; не менее 0,00001 м.

Определим число подобия режимов течения воды:

$$b = 1 + \frac{\lg Re_{\phi}}{\lg Re_{кв}} \quad (6)$$

(если $b > 2$, то следует принять $b = 2$).

Определим фактическое число Рейнольдса, используя формулу (7):

$$Re_{\phi} = \frac{vd}{\nu} \quad (7)$$

где ν - коэффициент кинематической вязкости воды, м²/с.

Число Рейнольдса, соответствующее началу квадратичной области гидравлических сопротивлений при турбулентном движении воды, определяется по формуле:

$$Re_{кв} = \frac{500d}{K_3} \quad (8)$$

2.2 Монтаж хризотилцементных труб

Монтаж хризолитцементного трубопровода осуществляется путем соединения муфт на концах двух соединяемых труб (рисунок 8), где 1,2 – хризотилцементные трубы, 3 – хризотилцементная муфта, 4 – резиновые уплотнительные кольца.

Необходимо, чтобы уплотнительные кольца были произведены из термостойкой резины, которая способна обеспечить срок эксплуатации не менее

25 лет при температуре 115 °С и давлении 1,6 МПа. Также она должна выдерживать ежегодные испытания давлением 3,2 МПа и температурой 150 °С в течение 2 часов. [14]

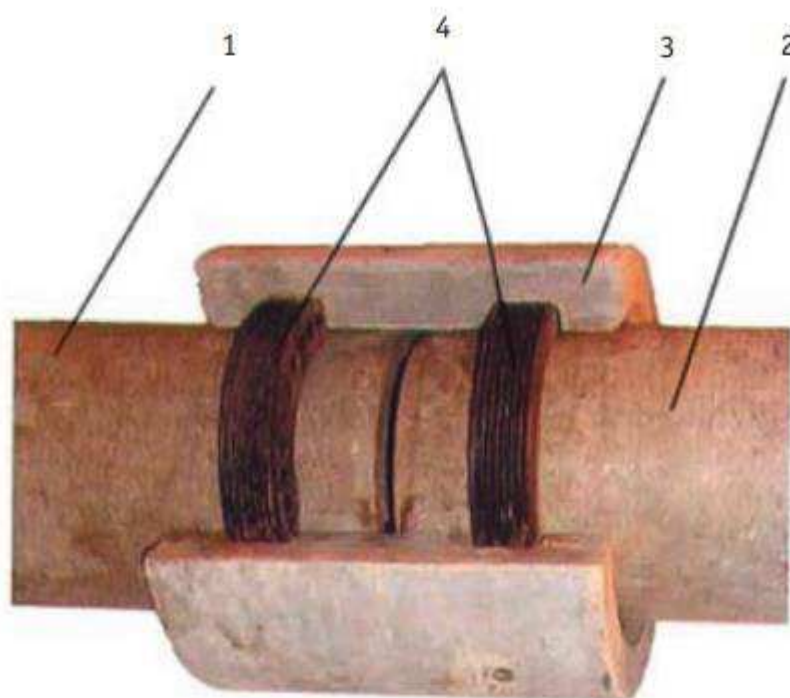


Рисунок 8 - Муфтовое соединение хризотилцементной трубы.

Прокладка хризотилцементных труб производится двумя способами:

- Подземная.
- Надземная.

Подземная прокладка может быть как канальной, так и бесканальной.

Бесканальная прокладка является самым широко используемым методом. Данный способ осуществляется непосредственно в сам грунт, что ускоряет строительство трубопровода и снижает экономические затраты. Канальная же прокладка необходима для обеспечения надежности трубопровода в ответственных учреждениях (больницы, детские сады и т.д), а также под дорогами, железнодорожными путями и т.д., с целью отвода теплоносителя в случае аварийной ситуации с места повышенных нагрузок

Надземная прокладка осуществляется на территории предприятий и вне пределов городов, для того чтобы не затруднять движение транспорта и не портить архитектурное оформление. Такой вид прокладки заметно упрощает ремонт трубопровода. Надземная прокладка производится на высоких и низких опорах в зависимости от того, где это необходимо.

При проектировании, как и у полимерных труб, производится гидравлический расчет трубопровода. [2]

Суммарные потери давления в трубопроводе на трение и в местных сопротивлениях ΔP , Па, определим по формуле (9):

$$\Delta P = Rl \quad (9)$$

где R – удельные потери на трение, Па/м;

l - приведенная длина трубопровода, м.

Найдем удельные потери на трение R :

$$R = 6,25 * 10^{-8} \lambda \frac{G_d^2}{D_B^5 \rho} \quad (10)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения по длине;

G_d – суммарный расчетный массовый расход воды, кг/ч;

D_B – внутренний диаметр труб, мм;

ρ – средняя плотность воды на участке в зависимости от ее температуры, кг/м³.

Также найдем коэффициент гидравлического сопротивления по длине λ по формуле (11):

$$\lambda = 0,11 \sqrt[4]{\frac{k_3}{D_B} + \frac{68}{Re}} \quad (11)$$

где k_3 – эквивалентная шероховатость внутренней поверхности трубы, для хризотилцемента $k_3 = 0,00008$;

Re – число Рейнольдса.

Число Рейнольдса найдем по формуле (12):

$$Re_\phi = \frac{VD_B}{\nu} \quad (12)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости воды, m^2/s ;

V – скорость движения воды в трубопроводе, m/s .

Скорость движения воды находится по формуле (13):

$$V = \frac{4G_d}{\pi D_B^2 \rho} \quad (13)$$

Из формулы (9) необходимо найти приведенную длину трубопровода l' . Это можно сделать по формуле (14):

$$l' = l + l_3 \quad (14)$$

где l – длина трубопровода, m ;

l_3 – эквивалентная длина местных сопротивлений, m .

Эквивалентную длину трубопровода найдем по формуле (15):

$$l_3 = \sum \varepsilon \frac{D_B}{\lambda} \quad (15)$$

где $\sum \varepsilon$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений отдельных элементов в конструкции теплопровода.

Напор определим по формуле (16):

$$h = \frac{P}{\rho g} \quad (16)$$

где h - напор, м;

P – давление, МПа;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Компенсация температурного расширения трубопровода из хризотилцемента достигается конструкцией соединения. Оставляется расстояние между торцами соседних труб, которые располагаются в муфте, не меньше возможного перемещения концов соединенных труб.

Температурное удлинение рассчитывается по формуле (1), при этом коэффициент температурного удлинения α для хризотилцемента будет равняться 10^{-6} мм/м·°С.

3. Применение тепловой изоляции для стального и неметаллического трубопровода

Выбор тепловой изоляции для трубопровода теплосети является важным мероприятием в проектирование теплотрассы. При правильном выборе теплоизоляции можно достигнуть снижения тепловых потерь. Необходимо учитывать, чтобы материал, из которого изготавливается тепловая изоляция, был сертифицирован и отвечал требованиям технической документации.

На сегодняшний день примерно 90% всех теплопроводов России «укутаны» минеральной ватой. [10] Такой теплоизоляционный материал имеет ряд преимуществ и недостатков. К преимуществам можно отнести:

- Высокая ремонтпригодность.
- Пригодность к использованию при высокой температуре теплоносителя (до +600 °С).
- Легкий монтаж.
- Не горюч.
- Не подвержен поеданию грызунов и различных организмов.
- Экономически выгоден, так как не производится из дефицитного сырья.
- Морозостойкий.
- Малый вес конструкции.

Но также есть и существенные недостатки, такие как:

- Невозможность использования в бесканальной прокладке.
- Высокое поглощение влаги.

Невозможность прокладки трубопровода бесканальным методом с использованием тепловой изоляцией в виде минеральной ваты накладывает определённые ограничения, что стоит учитывать при проектировании.

Самым главным же недостатком является высокое поглощение влаги. Из-за этой особенности данная теплоизоляция лишь способствует ускорению

коррозийных процессов, что в свою очередь приводит к увеличению тепловых потерь.



Рисунок 9 - Трубы теплосети с теплоизоляцией из минеральной ваты

В качестве альтернативы используют трубы с предизоляцией из пенополиуретана (ППУ), поверх которого идет защитное покрытие из полиэтилена или оцинкованной стали.

Такие трубы подходят для бесканальной прокладки и поставляются уже изолированными с завода-изготовителя.

ППУ изоляция имеет следующие преимущества [10,17]:

- Малый коэффициент теплопроводности (0,022 Вт/м*К).
- Ускорение строительства.
- Возможность установки сигнальных проводов дистанционного контроля.
- Экологичность

К недостаткам такой теплоизоляции можно отнести:

- Невозможность применения при температуре теплоносителя выше 130 °С.

- Высокое влияние ультрафиолета на поверхность ППУ.
- Большая стоимость.
- Горючесть материала



Рисунок 10 - Конструкция стального трубопровода с ППУ-изоляцией.

Такие виды изоляции являются популярными для стальных труб. Из-за большого коэффициента теплопроводности для труб из стали необходима большая толщина теплоизолирующего слоя или более качественный и менее теплопроводный материал, которым будут покрываться трубы. Все это значительно увеличивает бюджет при проектировании теплотрасс.

Отличительной особенностью же неметаллических труб является их низкий коэффициент теплопроводности.

Самым низким коэффициентом теплопроводности среди неметаллических труб обладают трубы из сшитого полиэтилена. У ПЭ-Х труб коэффициент теплопроводности составляет лишь 0,43 Вт/м*К. Данное свойство сшитого полиэтилена возможно благодаря его структуре молекулярных связей. [12] Несмотря на то, что такой тип труб является самым нетеплопроводным,

обозреваемые трубы «Изопрофлекс» поставляются в ППУ-изоляции. Это делается для того, чтобы потери были минимальны. Данный фактор может позволить снизить температурную нагрузку в теплосети.

Стеклопластиковые трубы также обладают низким коэффициентом теплопроводности, но уже значительно больше, чем у труб из сшитого полиэтилена – 0,75 Вт/м*К. [13] Для сокращения тепловых потерь стеклопластиковые трубы чаще изолируют минеральной ватой. Это обусловлено тем, что сам по себе стеклопластик является хорошим теплоизолятором и нет необходимости увеличивать расходы на дорогостоящие теплоизоляционные материалы. В крайнем случае, как и для стальных труб, возможно применение ППУ-изоляции. Также для стеклопластиковых труб, поставляемых без теплоизоляции, применяется термостойкий пенопласт с покровным слоем из жесткой стеклопластиковой оболочки. Эффективность такой теплоизоляции обеспечивает снижение температуры теплоносителя не более 2 °С на 1000м. [9]

Самым теплопроводным среди неметаллических материалов является хризотилцемент – 0,9 Вт/м*К. Тем не менее, различие между значениями коэффициента теплопроводности у стальных и хризотилцементных труб отличаются в 60 раз. Это доказывает, что и к такому материалу применимы недорогостоящие материалы для теплоизоляции. Гидрофобизированный керамзит является одним из теплоизоляционных материалов, которые применяются к хризотилцементным трубам. Данный материал относится к засыпной теплоизоляции. Толщина такого засыпного теплоизолятора должна составлять не менее 200 мм. В качестве промышленной теплоизоляции могут применяться пенополиуретановая и пенополиминеральная изоляции. Такие изоляции поставляются в полиэтиленовых оболочках. [18]

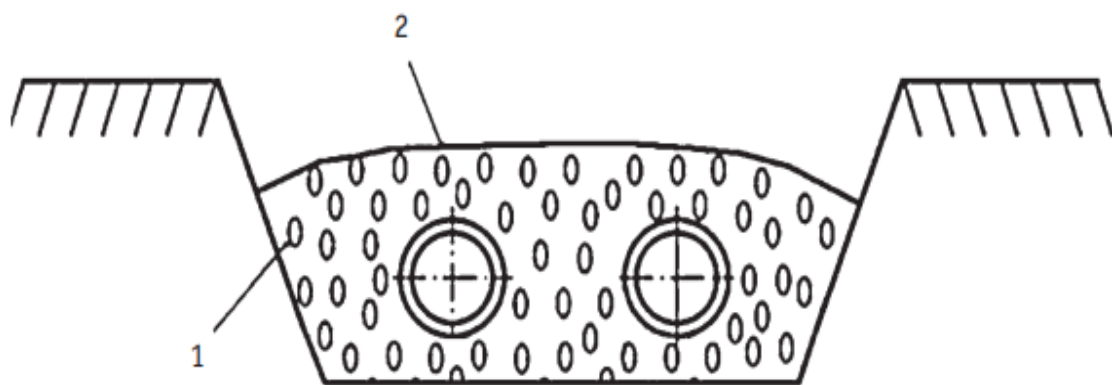


Рисунок 11 - Насыпная теплоизоляция для хризотилцементных труб
1 – гидрофобизированный керамзитный гравий; 2 – защитная пленка

4. Зарубежный опыт применения неметаллических труб

Применение неметаллических труб за границей России происходит довольно давно.

Первыми из неметаллических труб стали асбестоцементные трубы. Их производство было налажено еще в 1906 году в Италии в городе Казале-Монферрато.

На сегодняшний день Китай является самым крупным потребителем хризотила и хризотилцементной продукции. Это послужило тому, что китайские компании производят хризотилцементные изделия больше, чем любая другая страна мира. Все из-за того, что хризотилцементные материалы более доступны и экономичны, чем какие-либо другие. Также стоит учесть и то, что малая цена не означает плохое качество. Хризотилцемент по сравнению со сталью обладают лучшими свойствами и характеристиками, о чем говорилось ранее.

Однако не отстает и Северная Америка. Трубы там подлежат классификации на водопроводные, канализационные, оросительные и дымовые. В США основной областью применения хризотилцементных труб является водопроводы в городах и сельской местности. И уже на протяжении 50 лет большинство штатов США используют данные трубы в своих системах водоснабжения. Исследования, которые там проводятся, говорят о том, что после 30 лет эксплуатации хризотилцементных труб, оснований для их замены нет. Это еще раз говорит о том, что при правильной эксплуатации хризотилцементных труб их реальный срок использования намного больше, чем нормативный.

В СНГ странах дело с хризотилцементом тоже обстоит неплохо. Данный материал производится в Беларуси, Казахстане, Украине, Узбекистане, Азербайджане, Кыргызстане и Таджикистане. Лидером по производству хризотилцемента и хризотилцементных изделий остается Украина. В ней насчитывается около 11 предприятий, а основной продукцией является волнистые листы, которыми покрыто около 90% крыш страны. Также Украина

является основным производителем хризотилцементных труб. Только за 2007 год было произведено около 2006 условных километров или 40 тысяч тонн хризотилцементных труб. [18]

Полимерные же трубы были изготовлены немного позже асбестоцементных. Первые пластмассовые трубы вышли с производства в далеком 1932 году. Тогда они были использованы для безнапорных систем в Германии, Голландии и странах Скандинавии. Но уже в конце 1960-х трубы из полиэтилена были применены для подземных безнапорных систем водоснабжения. Лидером по использованию полиэтиленовых труб остается США, так как там проложено около 2 млн километров наружных и 15 млн километров внутренних трубопроводов. [8]

Производство стекловолокна началось в 1920 годах. Однако, оно не получило широкой охватки. Стекловолокном, как материалом, начали интересоваться только после показа на Нью-Йоркской Всемирной выставке в 1939 году.

Для производства труб из стеклопластика используется E-стекло и S-стекло, а в виде армирующих материалов активно применялись углеродные волокна, керамические волокна, джут и т.д.

Уже в 1950 годах трубы, изготовленные из стекловолокна, стали альтернативой стальным. Все потому что их производство было намного дешевле, чем производство стальных труб.

Компания Perrault Fibercast Corporation первая использовала производство стекловолоконных труб из полиэфирных смол и стекловолокна на основе запатентованного процесса. Позже компанию продали и переименовали в Fibercast Inc. Пришлось также поменять и полиэфирные смолы под новые стандарты развивающейся химической промышленности. Это дало толчок для расширения использования стекловолоконных труб в других сферах деятельности.

В 1950-х компания Rock Island Oil and Refining Company разработала стекловолоконные трубы для систем с высоким давлением.

После всех испытаний и проверок только в 1960-х годах трубы из стекловолокна начали производиться для использования для водоснабжения и канализации. [15]

Существует несколько материалов, которые зарубежом используются для производства полимерных труб:

- Полипропилен
- Полиэтилен
- Стекловолокно

Данные материалы используются в производстве матриц и армирующих волокон.

Материалы, которые используются для производства матриц:

- Универсальные полиэфирные смолы – относятся к ортофталевым полиэстерам, имеют умеренную прочность и являются самыми дешевыми на рынке.
- Улучшенная полиэфирная смола – относятся к изофталевым полиэстерам, имеют лучшую прочность, чем у универсальных, но более высокой ценой по сравнению с той же универсальной.
- Смола винилового эфира – производится путем химического соединения эпоксидной смолы с полиэстером, имеют хорошую прочность и отличную стойкость к коррозии, дороже всех полиэфирных смол.
- Фумарат бисфенола А – относится к хлорэндиковым смолам, используется преимущественно в агрессивных средах из-за улучшенной коррозионной стойкости, а также переносит более высокие температуры нежели представленные выше материалы.
- Эпоксидные смолы – из-за большого объема сырья для производства, хороших свойств прочности и антикоррозионных

свойств являются самыми популярными материалами для производства матрицы.

Для армирующих слоев используются следующие материалы:

- Е-стекло – имеет хорошие несущие свойства, среди остальных армирующих материалов является самым дешевым.
- S-стекло – имеет лучшими несущими свойствами нежели Е-стекло, из-за чего оно стоит дороже, применяется преимущественно в сферах, работающие с высоким давлением.
- Арамид – это волокно, которое при своем небольшом весе обладает высокими прочностными характеристиками, термостойкость и стойкостью к механическим воздействиям.
- Углерод/графит – лучшие свойства среди армирующих материалов, но и самый дорогостоящий материал. [16]

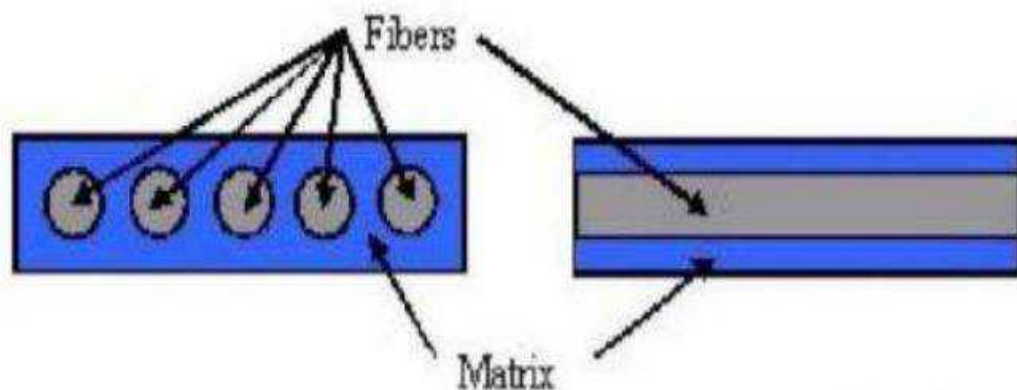


Рисунок 12 - Конструкция полимерных материалов

5. Безопасность и экологичность

На любом предприятии или при строительстве кого-либо объекта, большое внимание уделяется безопасности работы персонала и производства, сохранения экологичности и предотвращение различных аварий или чрезвычайных ситуаций.

Для того, чтобы все это соблюдалось были разработаны нормативные документы, согласно которым все места работы должны быть обустроены определенным образом, а работникам предписаны определенные действия.

При соблюдении этих правил, производство и работники находятся в безопасности.

5.1 Требования к персоналу

Согласно [6], весь персонал обязан пройти медицинское и специальное психиатрическое освидетельствование. Работники, которые были приняты для обслуживания и ремонта оборудования и сооружений тепловых сетей, должны иметь профессиональную подготовку или пройти обучение, в соответствии с типом выполняемых работ.

Персонал должен быть обеспечен специальными средствами индивидуальной (СИЗ) и коллективной защиты. Работники обязаны использовать СИЗ в соответствии с указаниями и инструкциями, изложенными от изготовителя. Работники, не использующие СИЗ, к работам не допускаются.

Также те работники, у которых фронт работ связан с обслуживанием и ремонтом оборудования и сооружений близ газоопасных мест или соприкасающихся с местами, где есть вредные вещества, обязаны знать следующее:

- Ряд газоопасных мест, расположенных близ к объекту работы.
- Отравляющие действия вредных веществ

- Правила производства, которые должны быть соблюдены в газоопасных местах.
- Пожароопасные вещества и способы их тушения.
- Правила использования средств защиты дыхательных путей.

Работники, не достигшие совершеннолетия, не допускаются к выполнению работ, которые квалифицируются как тяжелые и/или с вредными условиями труда. Также к таким работам не допускаются женщины. К некоторым таким работам относятся:

- Обслуживание и ремонт подземных трубопроводов тепловых сетей.
- Газоэлектросварочные работы.
- Обслуживание хлораторного оборудования.
- Обслуживание газового оборудования.
- Обслуживание и ремонт грузоподъемных машин и механизмов и другие.

5.2 Территория, помещения и рабочие места

Согласно [6], запрещено нахождения на территории тепловой сети людей, которые не имеют отношения к выполняемым на объекте работам, без уполномоченных сопровождающих.

Все проходы и проезды внутри производственных помещений, а также к примыкающих к ним территория не должны быть загромождены или заскладированы.

В камерах и канал необходимо поддерживать чистоту, а также откачивать воду из прямков.

Также на тепловых сетях необходим план, в котором будут указаны все ремонтные площадки и указанные нагрузки на них.

При применение химических веществ и материалов, компоненты которых подлежат классификации как легковоспламеняющиеся, взрывоопасные или

токсичные, необходимо соблюдение всех правил охраны труда безопасности при их хранении, а именно хранение на специально оборудованных складах, изолированных от других территорий.

Также в районах тепловых сетей, связанных с осуществлением огневых работ, должны быть оборудованы по правилам пожарной безопасности для энергетических предприятий, а персонал должен быть проинструктирован.

На рабочих местах должны быть составлены списки, в которых будут указаны все газоопасные места.

5.3 Оборудование, устройства и сооружения тепловых сетей.

Согласно [6], все горячие поверхности участков трубопровода, на которые возможно попадание различных горючих веществ, должны быть оборудованы металлической обшивкой во избежание пропитывания теплоизоляции этими самыми веществами.

Также температура на поверхности теплоизоляции не должна превышать:

- 45 °С – трубопровод находится в подвале здания.
- 60 °С – трубопровод проложен надземным способом.

При работе с горячими поверхностями трубопровода персонал должен убедиться в наличие защиты от ожогов, а также в ее целостности.

Трубопроводы, которые используются в качестве транспортировки агрессивных сред должны быть герметичны, а их соединения оборудованы защитными кожухами.

При эксплуатации трубопроводов до начала работ необходимо, чтобы весь обслуживающий персонал был проинструктирован в соответствии с техникой безопасности и охраны труда.

Нахождение работников вблизи люков, лазов, водоуказательных стекол, запирающей и регулирующей арматуры запрещено, если в данный момент нет непосредственной производственной необходимости.

5.4 Особенности эксплуатации полимерных труб и работ с ними

Согласно [1], все сварочные аппараты должны быть осмотрены и проконтролирована их стабильная работа, а также работа механизмов для обработки концов и торцов труб.

Все параметры для сварки должны соответствовать тем показателям, которые указаны производителем в зависимости от вида полимера.

Работа с данными видами труб не предполагает особых мер безопасности. Они не выделяют вредных и опасных веществ и не представляют угрозы для человеческого организма.

Во время монтажа и различных испытаниях запрещается прислоняться к ним и прислонять разного рода стремянки и лестницы. Также недопустимо обстукивание различными тяжелыми предметами и оттягивания труб от стенок траншеи.

Проводить какие-либо испытания разрешается только после надежного закрепления труб.

5.5 Особенности эксплуатации хризотилцементных труб и работ с ними

Согласно [2], персонал, проводящий механическую обработку хризотилцементных труб, после которой появляется хризотилсодержащая пыль, должны соблюдать следующие требования:

- Все работники должны быть одеты в защитную одежду и респираторы для защиты органов дыхательных путей от хризотилсодержащей пыли.
- Все механические мероприятия (резка, обработка, зачистка), проводимые с трубами, должны выполняться стружкообразующим лезвийным инструментом.

- Вся образующаяся хризотилцементная пыль подвергается увлажнению и сбору в специально отведенные емкости.
- Если в помещении проводятся работы с хризотилцементными трубами, в последствии которых появляется хризотилцементная пыль, то перед этим помещением должна висеть знак с надписью: «Работать с применением защиты органов дыхания».

Также не допускается применения хризотилцементных отходов в засыпки траншей трубопроводов.

Хризотилцементные трубы при хранении и эксплуатации не выделяют в почву вредных и токсичных веществ и является не опасными для организма человека. Хризотилцемент относится к негорючим веществам.

5.6 Экологичность

При сооружении новых тепловых сетей, а также расширение и реконструкции уже действующих тепловых сетей предусмотрены нормативные документы по охране окружающей среды.

Как уже упоминалось выше, материалы, из которых изготовлены полимерные и хризотилцементные трубы, при правильной эксплуатации и хранении не выделяют в почву и атмосферу токсичных веществ и абсолютно безвредны для организма человека.

Организации, которые принимают участие в строительстве, расширение или реконструкции тепловых сетей, должны следить за защитой окружающей среды при непосредственных работах на участках.

6. Анализ обозреваемых неметаллических труб

Для того, чтобы провести анализ всех обозреваемых неметаллических труб и выбрать подходящую для города Красноярск, соберем все вышеупомянутые характеристики труб и составим таблицу. Стоит учесть, что использование неметаллических труб в теплосетях с температурой теплоносителя выше 115 °С невозможно. Сведем в таблицу все котельные города Красноярск, у которых температурный график не больше 115/70.

Таблица 1 – Котельные в городе Красноярск с температурными графиками до 115/70.

Наименование предприятия	Наименование источника	Условное наименование температурного графика
ООО «КрасТЭК»	Котельная №6	95/70
	Котельная №11	95/70
ОАО «Орбита»	Котельная ОАО «Орбита»	95/70
ООО «Ук «Сосны»	Котельная ООО «УК «Сосны»	95/70
ООО «Фарм-Энерго»	Котельная ООО «Фарм-Энерго»	115/70

Параметры трубы выбираем, исходя из данных [19].

Для примера была взята реконструкция трубопровода по причине истощения ресурса в зоне действия котельной №6 ООО «КрасТЭК» в городе Красноярск. Температурный график на котельной составляет 95/70. Внутренний диаметр трубы должен составлять 150 мм.

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сшитые полиэтиленовые трубы (ПЭ-Х):									
Изопрофлекс-75А	75	1,0	уст.	0,43	0,001- 0,007	40-160	не менее 40	6,28	21431
Изопрофлекс-95А	95					32-225		7,18	25065
Изопрофлекс-115А	115	1,25				7,11		31986	
Изопрофлекс-115А/1,6	115	1,6				50-160		7,18	36749

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Стеклопластиковая труба	110	27,6	уст.	0,75	0,002- 0,005	50-200	не менее 50	8,1	10034
Хризотилцементная труба, марка ТТ	115	1,6		0,9	0,05- 0,08	100-500	25-50	22,5	603

Исходя из таблицы, можно сделать следующие выводы:

- Трубы из полиэтилена (ПЭНД и ПЭВД) не подходят из-за своих малых рабочих температурах.
- Из всех труб из сшитого полиэтилена по параметрам не подходит только одна труба («Изопрофлекс-75А»), также из-за малой рабочей температуры. Все остальные марки труб отлично вписываются в заданные параметры. Среди других труб, у них самый малый коэффициент теплопроводности, а также они весят меньше остальных. Но стоит отметить, что трубы из сшитого полиэтилена стоят гораздо больше, чем все остальные представленные в таблице трубы.

- Стеклопластиковые трубы также имеют все преимущества неметаллических труб. Имеют малый вес и малый коэффициент теплопроводности, уступая только трубам из сшитого полиэтилена. Являются менее дорогими трубами, чем трубы из сшитого полиэтилена. Однако, цена данных труб в 6,5 раз больше, чем цена стальной трубы, и в 16,6 раз больше, чем цена хризотилцементной трубы.
- Хризотилцементные трубы являются самыми тяжелыми и самыми теплопроводными трубами среди неметаллических труб. Однако, коэффициент теплопроводности данных труб в 60 раз меньше, чем у стальной трубы, а 1 метр такой трубы весит на почти 11 килограмм меньше, чем 1 метр стальной. Самым главным преимуществом этих труб, является их цена – всего 603 руб/пог.м. Это в 2,5 раза меньше, чем цена стальной трубы.

Если подытожить все вышесказанное, то можно сделать выбор в пользу хризотилцементной трубы. Данные трубы будут являться отличной заменой стальным трубам в таких теплосетях, где температура теплоносителя не выше 115 °С. Хризотилцементная труба обладает всеми преимуществами неметаллических труб, а также не проводит электричество, обладает стойкостью к агрессивным средам, не горит. Монтаж труб не требует сварных работ и, как следствие, высококвалифицированных сварщиков.

Использование таких хризотилцементных труб является экономически выгодным, так как их закупочная стоимость в 2,5 раза ниже, чем у стальных труб, а нормативный срок службы составляет не менее 25 лет, хотя на практике при правильной эксплуатации составляет куда больше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были выполнены следующие задачи:

- Рассмотрены преимущества и недостатки неметаллических труб относительно стальных.
- Рассмотрен монтаж неметаллических труб.
- Рассмотрена тепловая изоляция для металлических и неметаллических труб.
- Рассмотрен зарубежный опыт использования неметаллических труб.
- Рассмотрена безопасность при работе с неметаллическими трубами и их экологичность.
- Проведен сравнительный анализ всех неметаллических труб.

Цель данной работы была достигнута, а именно было доказано, что использование неметаллических трубопроводов технически и экономически целесообразно в теплосетях города Красноярск.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 40-102-2000. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов : взамен СН 478-80 : дата введения 16-05-2000. – Москва : Госстрой России, ГУП ЦПП, 2001.
2. СП 41-106-2006. Проектирование и монтаж подземных трубопроводов для систем горячего водоснабжения и теплоснабжения из напорных асбестоцементных труб и муфт : взамен СП 41-106-2004 : дата введения 03-01-2006. – Москва : ФГУП ЦПП, 2006.
3. ГОСТ 31416-2009. Трубы и муфты хризотилцементные. Технические условия = Chrysotile cement pipes and couplings. Specifications : межгосударственный стандарт : принят Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве : взамен ГОСТ 539-80 и ГОСТ 1839-80 : дата введения 01-01-2011 / разработан ОАО "НИИпроектасбест". – Москва : Стандартиформ, 2010.
4. ГОСТ Р 53201-2008. Трубы стеклопластиковые и фитинги. Технические условия = Glass-fibre plastic pipes and fittings. Specifications: национальный стандарт РФ : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии : введен впервые : дата введения 25-12-2008 / разработан ОАО "Композит". – Москва: Стандартиформ, 2010.
5. ГОСТ 18599-2001. Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия = Polyethylene pressure pipes. Specifications: межгосударственный стандарт: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации: взамен ГОСТ 18599-83: дата введения 01-01-2003 / разработан Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации. – Москва: Стандартиформ, 2010.

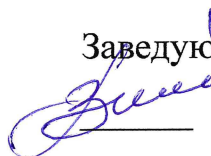
6. СТО 70238424.27.010.006-2009. Тепловые сети. Охрана труда (правила безопасности) при эксплуатации и техническом обслуживании тепловых сетей. Нормы и требования: введен впервые : дата введения 30-06-2009 / разработан ОАО " ВНИПИЭнергопром". – Москва, 2010.
7. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент = Electrically welded steel line-weld tubes. Range: межгосударственный стандарт : УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Комитета стандартизации и метрологии СССР : взамен ГОСТ 10704-76 : дата введения 01-01-1993 / разработан Министерством металлургии СССР. – Москва, 1995.
8. Журнал Сантехника, Отопление, Кондиционирование: Полимерные трубы – все за. – 2002. – URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/polimernye-truby-vse-za>
9. В. И. Грейлих Стекло-базальтопластиковые теплоизолированные трубы / В. И. Грейлих, В. С. Ромейко // Электронная библиотека: библиотека научных статей : Сантехника №6. – 2005. – URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3119
10. Е. С. Закомолдина Изоляция тепловых сетей : Электронная библиотека: библиотека диссертаций. – Казань . – URL: https://libproxу.bik.sfu-kras.ru:2068/download/elibrary_44846741_38875863.pdf
11. Н. В. Пантелей Оценка состояния и анализ повреждаемости трубопроводов тепловых сетей : Энергетика. изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. Минск, 2018. – 188 с. – URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/40079/Ocenka_sostoyaniya_i_analiz_povrezhdaemosti_truboprovodov_teplovyh_setej.pdf?sequence=1&isAllowed=y
12. Виды и свойства труб из сшитого полиэтилена. ProPolyethylene.ru 2014 – 2022. – URL: <https://propolyethylene.ru/shitiy/trubi.html>

13. Трубопроводы отопления. ТрубопроводСпецСтрой – Продукция. – Пермь, 2022. – URL: <https://tpss.ru/production/catalog/zhkhh-i-prochie/truboprovody-otopleniya/>
14. Группа «ПОЛИМЕРТЕПЛО». – Москва, 2002-2022. – URL: <http://www.polymerteplo.ru/>
15. Helms, J. E. Composite materials for pressure vessels and Pipes: encyclopedia of life support systems / J. E. Helms. – Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana: Department of Mechanical Engineering, 2017 – 9 с.
16. Laney, P. Use of Composite Pipe Materials in the Transportation of Natural Gas: reference material/ P. Laney. – Augusta Maine: Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, 2002. – 69 с.
17. Теплоизоляционные материалы и конструкции / Ю.Л. Бобров, Е.Г. Овчаренко, Б.М. Шойхет, Е.Ю Петухова: учебник для средних профессионально-технических учебных заведений. — Москва: ИНФРА-М, 2003г. — 268с.
18. Хризотилцементные строительные материалы. Области применения / Ж.В. Репина, Н.А. Чемякина, Е.Г. Тарская-Лаптева и др. - Екатеринбург: изд-во АМБ, 2009. – 152 с.
19. Книга 8 Предложения по строительству и реконструкции тепловых сетей. Обосновывающие материалы: Муниципальный контракт №191 от 11.09.2018 г. – Ханты-Мансийск, 2018. – 63 с.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра теплотехники и гидрогазодинамики

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 В.А. Кулагин

подпись инициалы, фамилия

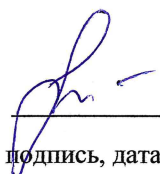
«22» июня 2022 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.01 - Теплоэнергетика и теплотехника

Использование неметаллических трубопроводов в тепловых сетях

Руководитель


подпись, дата

доцент, канд. техн. наук

должность, ученая степень

Радзюк А.Ю.

инициалы, фамилия

Выпускник

Стулин 15.06.2022
подпись, дата

Стулин А.С.

инициалы, фамилия

Красноярск 2022