

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Кафедра проектирования и эксплуатации газонефтепроводов

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____/А. Н. Сокольников
« » июня 2021

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

«Применение полимерно-металлических труб для строительства
внутрипромысловых трубопроводов»

Руководитель

канд. техн. наук, доцент

Петров О. Н.

Выпускник

Пивцов Е.А.

Красноярск 2021

Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме
«Применение полимерно-металлических труб для строительства
внутрипромысловых трубопроводов»

Консультанты по разделам:

Экономическая часть

И. В. Шадрина

Безопасность жизнедеятельности

Е. В. Мусяченко

Нормоконтролер

О. Н. Петров

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Применение полимерно-металлических труб для строительства промышленных трубопроводов» содержит 91 страницу текстового документа, 42 использованных источников, 6 листов графического материала, 16 формул.

ПРОМЫСЛОВЫЙ НЕФТЕПРОВОД, ПОЛИМЕРНО-АРМИРОВАННАЯ ТРУБА, ГИБКАЯ ПОЛИМЕРНО-МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ ТРУБА, ПОЛИЭТИЛЕН, СТЕКЛОВОЛОКНО, СООРУЖЕНИЯ ПАТ, УТИЛИЗАЦИЯ ПАТ.

Цель ВКР: обосновать техническую и экономическую целесообразность использования полимерно-армирующих труб (ПАТ) в сравнении с бесшовными и электросварными стальными трубами при сооружении промышленных трубопроводов, а также и в их дальнейшей эксплуатации.

Задачи ВКР:

- рассмотреть осложнения, возникающие при работе стальных промышленных трубопроводов;
- провести сравнительный анализ стальных труб и труб из альтернативных материалов;
- рассмотреть технологию изготовления, сооружения и утилизации ПАТ;
- выполнить гидравлический расчет стальных трубопроводов и из ПАТ;
- провести сравнительный анализ затрат на сооружение и обслуживание стального трубопровода и трубопровода из ПАТ.

СОДЕРЖАНИЕ

Реферат	3
Содержание	4
Введение	7
Основная часть	9
1 Понятие промышленного трубопровода	9
1.1 Классификация промышленных трубопроводов	10
2 Осложнения при эксплуатации промышленных трубопроводов	12
2.1 Коррозионные разрушения	12
2.2 Выпадение парафиновых отложений	14
3 Нормативно-технические документы, регламентирующие проектирование, строительство и эксплуатацию промышленных трубопроводов	18
3.1 ГОСТ Р 55990 – 2014 «Месторождения нефтяные и газонефтяные. Промысловые трубопроводы. Нормы проектирования»	18
3.2 СП 284.1325800.2016 «Трубопроводы промышленные для нефти и газа. Правила проектирования и производства работ»	19
3.3 СП 392.1325800.2018 «Трубопроводы магистральные и промышленные для нефти и газа. Исполнительная документация при строительстве. Формы и требования к ведению и оформлению»	20
3.4 СП 393.1325800.2018 «Трубопроводы магистральные и промышленные для нефти и газа. Организация строительного производства»	21
3.5 СП 406.1325800.2018 «Трубопроводы магистральные и промышленные стальные для нефти и газа. Монтажные работы. Сварка и контроль ее выполнения»	22
4 Материалы и изделия промышленных трубопроводов в традиционном исполнении	23
4.1 Стальные трубы	23
4.1.1 Бесшовные трубы	23

4.1.2 Электросварные трубы	24
4.2 Чугунные трубы	26
5 Анализ альтернативных материалов	28
5.1 Неметаллические трубы	28
5.1.1 Пластмассовые трубы.....	28
5.1.2 Стеклопластиковые трубы	31
5.1.3 Полимержелезобетонные трубы.....	34
5.2 Полимерметаллические многослойные и комбинированные трубы	35
5.2.1 Металлопластиковые трубы	35
5.2.2 Стальные трубы, футерованные с наружной и внутренней стороны полиэтиленом	37
5.2.3 Гибкие полимерно-металлические трубы	38
6 Техническое предложение	40
7 Технология изготовления ПАТ.....	41
8 Сооружение трубопровода из ГПМТ «Поликорд-флекс»	43
9 Утилизация ПАТ	45
9.1 Физические методы утилизации.....	45
9.2 Химические методы утилизации	46
10 Обоснование области применения	49
10.1 Конструкция гибкой полимерно-металлической трубы «Поликорд- флекс».....	49
10.2 Особенности материалов и сырья	51
11 Технологический расчет трубопровода	53
11.1 Расчет стального трубопровода.....	53
11.2 Расчет трубопровода из ПАТ.....	58
12 Экономическая часть	61
12.1 Расчет затрат на сооружение стального нефтепровода	62
12.1.1 Единовременные затраты	62
12.1.2 Эксплуатационные затраты.....	64

12.2	Расчет затрат на сооружение трубопровода из ПАТ	68
12.2.1	Единовременные затраты	68
12.2.2	Эксплуатационные затраты.....	70
12.3	Сравнительный анализ единовременных и эксплуатационных затрат на сооружение и обслуживание стального трубопровода и из ПАТ	72
13	Безопасность и экологичность	75
13.1	Анализ потенциальных опасных и вредных производственных факторов при проведении работ	75
13.2	Инженерные и организационные решения по обеспечению безопасности работ	77
13.3	Санитарные требования к помещению и размещению используемого оборудования	78
13.4	Обеспечение безопасности технологического процесса	80
13.5	Обеспечение взрывопожарной и пожарной безопасности	81
13.6	Обеспечение безопасности в аварийных и чрезвычайных ситуациях	82
13.7	Экологичность проекта	84
	Заключение	85
	Список сокращений	86
	Список использованных источников	87

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день, нефтегазовая промышленность характеризуется поиском новых, альтернативных материалов для использования. Замена стальных труб на трубы, изготовленные из полимеров и композитов происходит все чаще. Полимеры обладают большим спектром положительных характеристик, а именно: низкая газопроницаемость и влагопоглощение, диэлектрические свойства и высокая химическая стойкость к различным агрессивным средам. Все эти качества позволяют использовать трубы из полимеров и композитов из них в большом сегменте нефтегазового комплекса, в значительной мере снижая количество инцидентов и аварий, которые на стальных трубопроводах происходят вследствие коррозионных разрушений.

Одним из ограничивающих факторов применения полимерных труб в трубопроводном транспорте являются прочностные показатели. Из-за жестких условий эксплуатации промышленных трубопроводов происходит наложение определенных требований, таких как: трубопровод должен быть достаточно прочным, чтобы выдерживать давление до 10 МПа, достаточно стойким к механическим воздействиям и при деформации иметь способность принимать изначальную форму.

В результате долгих разработок промышленность смогла предложить альтернативный материал стали – композитный материал из полимеров, армируемых стальным каркасом. Поэтому возможной альтернативой могут стать трубопроводы из ПАТ.

Цель данной работы: обосновать техническую и экономическую целесообразность использования полимерно-армирующих труб (ПАТ) в сравнении с бесшовными и электросварными стальными трубами при сооружении промышленных трубопроводов, а также и в их дальнейшей эксплуатации.

Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи:

- рассмотреть осложнения, возникающие при работе стальных промышленных трубопроводов;
- провести сравнительный анализ стальных труб и труб из альтернативных материалов;
- рассмотреть технологию изготовления, сооружения и утилизации ПАТ;
- выполнить гидравлический расчет стальных трубопроводов и из ПАТ;
- провести сравнительный анализ затрат на сооружение и обслуживание стального трубопровода и трубопровода из ПАТ.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Понятие промыслового трубопровода

Промысловые трубопроводы, применяются на промысле различных месторождений. Месторождение – природное скопление полезных ископаемых либо на поверхности Земли, либо в ее недрах. В области добычи нефти и газа, различают несколько видов месторождений в зависимости от количества и агрегатного состояния углеводородного сырья:

– газовое – месторождение, которое содержит только газовые углеводороды;

– газоконденсатное – месторождение, содержащее только газовые углеводороды с конденсатом;

– газонефтяное – месторождение, содержащее в большей части нефтяную залежь, а объем газовой части, не превышает объема нефтяной залежи;

– нефтяное – месторождение, содержащее в своем составе лишь нефть, которая насыщена в той или иной степени газовыми углеводородами;

– нефтегазовое – месторождение, включающее газовые углеводороды, совместно с нефтяной оторочкой, которая по объему условного топлива составляет меньше 50 %;

– нефтегазоконденсатное – месторождение, которое имеет в своем составе, как нефть, так и газ с конденсатом [1].

Так называемых «чистых» месторождений, которые содержат только нефть или только газ, преимущественно меньше, чем месторождений, содержащих их смесь, что в значительной степени усложняет как проектирование, так и подбор материалов для всего производства на месторождении.

Под «промыслом» понимают отвод, предназначенный для разработки месторождений углеводородного сырья, а также для обеспечения работы подземных резервуаров для хранения газа и нефтепродуктов.

Промысловый трубопровод – трубопровод с необходимыми устройствами для перекачки газообразных или жидких нефтепродуктов под действием энергии сообщаемой насосом потоку перекачиваемого продукта от буровых скважин до выхода с места подготовки к товарному виду и готовой к перевозке на большие расстояния по магистральным путям [2]. К ним относят трубопроводы, соединяющие площадки отдельных промысловых сооружений и установок (скважины, установка предварительной подготовки газа, установка комплексной подготовки газа, дожимная компрессорная станция, дожимная насосная станция и др.), а также трубопроводы от центрального пункта сбора [3].

Рассмотрим общую классификацию промысловых трубопроводов.

1.1 Классификация промысловых трубопроводов

Промысловые трубопроводы, используемые на нефтяных, нефтегазовых и нефтегазоконденсатных месторождениях, делятся:

– по назначению – газопроводы, нефтепроводы, нефтегазопроводы, водопроводы;

– по функции – выкидные линии, а также коллекторы (коллекторы отличаются от выкидных линий тем, что они транспортируют продукцию скважин от групповых установок к сборным пунктам, а выкидные линии от устья скважин к групповым установкам);

– по величине рабочего давления – низкого давления (рабочее давление не превышает 1,6 МПа), среднего давления (рабочее давление находится в интервале от 1,6 до 2,5 МПа) и высокого давления (рабочее давление превышает 2,5 МПа);

– по гидравлической схеме работы – простые и сложные; простые трубопроводы – трубопроводы, у которых по всей длине неизменный диаметр, а также массовый расход перекачиваемой среды; сложные – трубопроводы, у которых есть ответвления или изменяющийся по длине диаметр;

– по способам прокладки – подземные, наземные, подводные и подвесные.

2 Осложнения при эксплуатации промышленных трубопроводов

2.1 Коррозионные разрушения

Во время добычи нефти промышленные трубопроводы подвергаются воздействию со стороны сложной по составу газожидкостной смеси. Вид и степень влияния извлекаемого из пласта флюида на промышленный трубопровод зависит от способа разработки и эксплуатации месторождений, применяемой техники и технологии добычи, режима работы и агрессивности смеси, которая определяется физико-химическими свойствами трех ее составляющих: нефти, минерализованной воды и газа.

Основной агрессивной средой являются пластовые воды, которые благоприятствуют возникновению интенсивной электрохимической коррозии.

Коррозия по площади повреждения может быть сплошной и местной. Сплошные коррозионные процессы в зависимости от скорости разрушения классифицируются на равномерные и неравномерные. Местная коррозия в зависимости от того, какой механизм протекания реакции влияет больше всего может проявляться в виде пятен, язв, точечной (питтинг), избирательной, межкристаллитной, подповерхностной, а также в виде коррозионного растрескивания (таблицы 1, 2) [4].

Таблица 1 – Виды сплошных коррозионных повреждений



Определение	Проявление
Равномерная	
Неравномерная	

Таблица 2 – Виды местных коррозионных повреждений

Определение	Проявление
Коррозия пятнами	
Коррозия язвами	
Точечная (питтинг)	
Избирательная	
Межкристаллитная	
Коррозионное растрескивание	
Подповерхностная	

В результате научных исследований было определено, что формирование и развитие очагов коррозии в трубопроводах зависит от совокупности нескольких факторов. А именно – гидродинамических (скорость и характер движения смесей содержащих, нефть, воду и растворенный газ), химических (состояние пластовых вод, а также их способность в самопроизвольном порядке отлагать осадки), эксплуатационных (наличие в перекачиваемой среде кристаллов кварцевого песка), а также металлургических (химический состав сталей, технология изготовления труб).

На коррозионную активность пластовых вод влияют следующие показатели:

- кислотность;
- концентрация минеральных солей;

- скорость движения потока воды;
- соотношение воды и нефти в среде;
- наличие растворенного кислорода, углекислого газа и сероводорода.

2.2 Выпадение парафиновых отложений

Перекачиваемая в настоящее время по промысловым трубопроводам нефть содержит в своем составе в среднем от 2,5 до 5 % парафина и при температурах в диапазоне от 25 до 35 °С и выше не оказывает в значительной степени влияния на ее транспортировку. При более температурах ниже 25 °С парафин при определенных условиях осаждается в виде кристаллов на стенках трубопровода. Плотность парафинистых отложений зависит от состава нефти, ее скорости течения, а также температуры флюида и грунта. Согласно исследованиям, благоприятными условиями для образования парафиновых отложений являются малая вязкость нефти, меньше 0,2 Ст ($2 \cdot 10^{-5}$ м²/с) и оптимальный диапазон колебания температуры внутри трубы. Сильное влияние на процесс образования парафинистых отложений оказывает также и скорость течения нефти. При нулевой скорости течения отложения практически не образуются или образуются рыхлые и непрочные, которые легко смываются при начале движения флюида. В то время как увеличивается скорость возрастает и интенсивность образования кристаллических отложений, и достигает своего максимального значения при определенной скорости. А еще большее увеличение скорости приводит к уменьшению интенсивности образования отложений.

Химический состав нефти и условия, необходимые для появления отложений определяют состав парафиновых отложений, следовательно, при снижении температуры нефти первыми будут осаждаться тугоплавкие вещества, а только после, при начале обширной кристаллизации, и менее тугоплавкие. Таким образом, в зависимости от определенных условий (и

химического состава) состав парафиновых отложений даже в одной скважине может быть весьма различным. Различаются они по содержанию асфальтенов, смол и твердых углеводородов. Характерной особенностью процесса отложения парафина является его неравномерное распределение в массе отложений по сечению слоя. Самое большое количество парафина непосредственно содержится в слое, прилегающем к стенке. Этот факт указывает на то, что по мере накопления отложений во внутренних слоях происходит перекристаллизация парафинов. Отложения становятся более плотными, и жидкая фаза вытесняется. Довольно часто отложения парафина содержат воду и различные примеси. Отложения парафина характеризуются следующим составом: парафины (от 10 до 75%), асфальтены (от 2 до 5 %), смолы (от 11 до 30 %), связанная нефть (до 60 %), механические примеси (от 1 до 5 %) [4].



Рисунок 1 – Пример парафинистых отложений

При добыче флюида парафин находится в нефти в виде коллоидного раствора. Но при определенных параметрах способность нефти к растворению парафина уменьшается. В условиях нефтепровода, перекачивающего нефть, главным фактором, определяющим снижение растворяющей способности нефти по отношению к парафину, является температура. Поэтому температуру появления кристаллов парафина определяют, как температуру кристаллизации парафина в нефти или температуру насыщения нефти парафином. Также нужно учитывать, что парафины, которые содержатся в нефти, являются смесью углеводородов с разными температурами плавления и различной растворимостью в нефти. При понижении температуры парафины осаждаются постепенно и в широком температурном интервале, начиная с высокоплавких.

При давлении выше давления насыщения температура начала кристаллизации парафинов увеличивается с возрастанием давления. Если давление ниже давления насыщения, тогда при уменьшении давления наблюдается увеличение температуры начала выпадения парафинов, которое объясняется ростом объема выделяющегося газа, который сильно влияет на растворимость парафина в нефти и уменьшение температуры транспортируемого потока.

Характеристики поверхности определяют прочность сцепления парафинистых отложений с поверхностью материала. В зависимости от условий интенсивность осаждения парафинистых отложений на поверхности различных материалов зависит от величины их полярности. Наиболее низкой сцепляемостью с парафинистыми отложениями обладают материалы с высоким показателем полярности. Самая слабая интенсивность парафинизации у стекла (линия 13), а самая высокая – у полиэтилена (ПЭ) (линия 1), это объясняется аналогичным строением ПЭ и предельных углеводородов нормального ряда. Фторопласт (линия 2), который также является веществом неполярным, запарафинивается с меньшей интенсивностью. Полихлорвиниловый пластикат (линия 7) – материал с низкой полярностью, интенсивность его

запарафинивания менее, чем у полиэтилена и фторопласта, но больше, чем у стекла и стали (линия 9) [4]. Явная связь между полярностью материала и интенсивностью его запарафинивания прослеживается графике, изображенном на рисунке 2.

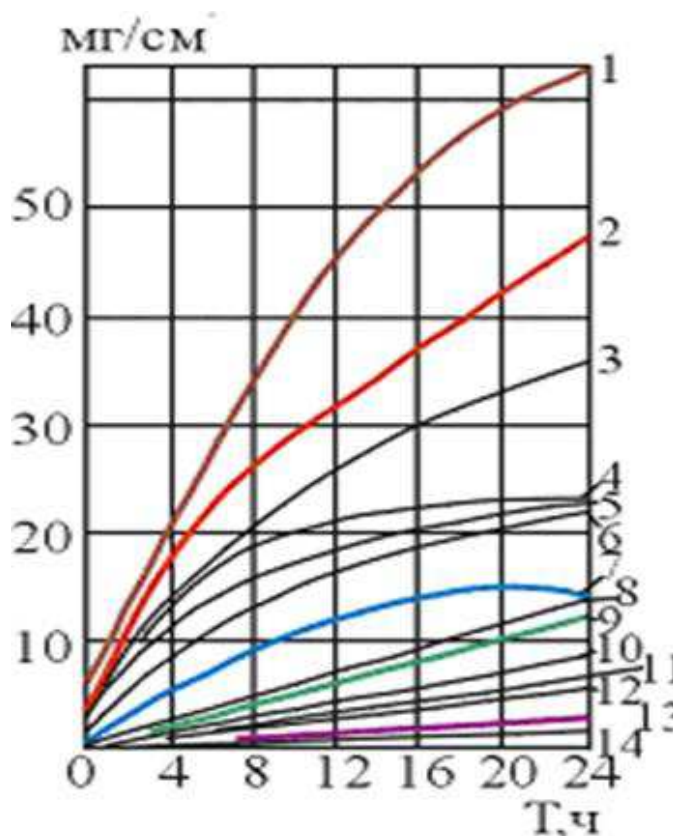


Рисунок 2 – Интенсивность запарафинивания поверхностей различной природы: 1 – ПЭ, 2 – фторопласт, 3 – капрон ПР, 4 – капрон КК, 5 – капрон К, 6 – капрон АК, 7 – полихлорвиниловый пластикат, 8 – алюминий, 9 – сталь, 10 – целлюлоза, 11 – полиамид ПК-4, 12 – полиамид ПФЭ-2/10, 13 – стекло, 14 – гетинакс

3 Нормативно-технические документы, регламентирующие проектирование, строительство и эксплуатацию промышленных трубопроводов

3.1 ГОСТ Р 55990 – 2014 «Месторождения нефтяные и газонефтяные. Промысловые трубопроводы. Нормы проектирования»

Данный стандарт действует на новостроящиеся и реконструируемые промышленные стальные трубопроводы, с внутренним диаметром до 1400 мм, с избыточным давлением транспортируемой среды не более 32 МПа нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений, а также для подземных резервуаров для хранения газа [3].

В данном документе регламентированы:

- классификация транспортируемых продуктов;
- классы промышленных трубопроводов и категории их участков;
- выбор трасс трубопроводов;
- конструктивные решения трубопроводов;
- конструктивные решения переходов трубопроводов через естественные и искусственные преграды;
- расчет нагрузок и воздействий;
- расчет трубопроводов на прочность и устойчивость;
- испытания трубопроводов внутренним давлением;
- материалы, трубы и соединительные детали;
- коррозионная защита промышленных трубопроводов;
- охрана окружающей среды;
- вывод из эксплуатации промышленных трубопроводов;
- методика определения толщин стенок штампованных и штампованных тройников;

- методика определения толщин стенок сварных тройников без усиливающих элементов;
- критерии сейсмостойкого проектирования трубопроводов;
- методика оценки устойчивости формы поперечных сечений трубопровода.

3.2 СП 284.1325800.2016 «Трубопроводы промышленные для нефти и газа. Правила проектирования и производства работ»

Данный свод правил регламентирует необходимые требования к промышленным стальным трубопроводам и охватывает стадии проектирования, производства и прием строительно-монтажных работ, при сооружении и капитальном ремонте трубопроводов с внутренним диаметром до 1400 мм с избыточным давлением перекачиваемой среды не более 32 МПа нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений [2].

В данном документе регламентированы:

- необходимые уровни безопасности и надежности;
- основные требования к трассам трубопроводов;
- конструктивные требования к трубопроводам;
- конструктивные требования к переходам трубопроводов через естественные и искусственные препятствия;
- требования к материалам и изделиям;
- необходимые для учета нагрузки и воздействия;
- расчет трубопроводов и соединительных деталей на прочность и устойчивость;
- требования охраны окружающей среды;
- требования к организации работ по сооружению трубопровода;
- порядок выполнения подготовительных работ;
- сооружение временных дорог;

- транспортировка и хранение труб;
- электродуговая сварка трубопроводов;
- порядок выполнения земляных работ;
- порядок выполнения изоляционных работ;
- укладка подземного трубопровода;
- монтаж надземных трубопроводов;
- укладка надземных трубопроводов;
- очистка полости и испытание трубопровода;
- монтаж оборудования электрохимической защиты;
- исполнение мероприятий по охране окружающей среды;
- правила приема выполненных работ и ввод трубопровода в эксплуатацию;
- производство пусконаладочных работ.

3.3 СП 392.1325800.2018 «Трубопроводы магистральные и промышленные для нефти и газа. Исполнительная документация при строительстве. Формы и требования к ведению и оформлению»

СП 392.1325800.2018 определяет единые требования к ведению, оформлению и комплектации исполнительной документации, которая составляется при сооружении (восстановлении) линейной части магистральных и промышленных стальных трубопроводов с номинальным диаметром до 1400 мм и избыточным давлением перекачиваемого продукта:

- для промышленных трубопроводов – не более 32 МПа;
- для магистральных трубопроводов – не более 10 МПа [5].

В данном документе регламентированы:

- порядок формирования исполнительной документации;
- порядок ведения исполнительной документации;
- порядок оформления исполнительной документации;

- требования к текстовым и графическим документам;
- перечень форм исполнительной документации при строительстве линейной части магистральных трубопроводов;
- формы исполнительной документации.

3.4 СП 393.1325800.2018 «Трубопроводы магистральные и промышленные для нефти и газа. Организация строительного производства»

Действующий СП 393.1325800.2018 предназначен для сооружаемых или восстанавливаемых магистральных и промышленных трубопроводов с внутренним диаметром до 1400 мм, а также охватывает прием их в эксплуатацию с и избыточным давлением перекачиваемого продукта:

- для промышленных трубопроводов – не более 32 МПа;
- для магистральных трубопроводов – не более 10 МПа [6].

В данном документе регламентированы:

- организация подготовительных работ;
- организация работ по доставке, приемке, складированию и хранению строительных грузов;
- организация выполнения основных видов работ;
- управление качеством работ, строительный контроль, приемка выполненных работ;
- охрана труда и промышленная безопасность;
- охрана окружающей среды.

3.5 СП 406.1325800.2018 «Трубопроводы магистральные и промышленные стальные для нефти и газа. Монтажные работы. Сварка и контроль ее выполнения»

Данный свод правил регламентирует основные требования к выполнению сварочных работ, контролю качества сварных соединений при строительстве, ремонте и восстановлении линейной части трубопроводов с внешним диаметром до 1420 мм и избыточным давлением транспортируемой среды до 10МПа, а также промышленных трубопроводов, перекачивающих нефть и газ без коррозионно-активных веществ под избыточным давлением перекачиваемой среды до 32МПа [7].

В данном документе регламентировано:

- требования к сварщикам, сварочным материалам и сварочному оборудованию;
- подготовка к сварке труб и сборка стыков;
- способы сварки;
- сварочные работы;
- контроль качества сварных соединений.

4 Материалы и изделия промышленных трубопроводов в традиционном исполнении

4.1 Стальные трубы

Стальные трубы подразделяют по следующим классификационным признакам.

1 По способу изготовления:

- бесшовные (горячедеформированные, горячепрессованные, горячекатаные, холоднокатаные, холоднотянутые, холоднодеформированные);
- сварные (прямошовные, спиральношовные, многослойные);

2 По размерам:

- малого диаметра (от 57 до 426 мм);
- большого диаметра (от 530 до 1420 мм).

3 По назначению (в зависимости от условий эксплуатации):

- из малоуглеродистых сталей с пределом прочности до 490 МПа, предназначены для эксплуатации при $t \geq 0$ °С и $p \leq 5,4$ МПа;
- из малоуглеродистых низколегированных сталей с пределом прочности от 490 до 540 МПа, которые предназначены для эксплуатации при $t \geq -40$ °С и $p \leq 5,4$ МПа;
- из низколегированных сталей с пределом прочности более 540 МПа, которые предназначены для эксплуатации и строительства трубопроводов при $t \geq -60$ °С и $p \leq 9,8$ МПа.

4.1.1 Бесшовные трубы

При производстве бесшовных труб используются цилиндрические стальные заготовки и, используя технологии горячей прокатки или холодной

деформации получают цельный металлопрокат, не имеющий каких-либо видов соединений.

Холоднокатаные трубы получают прокаткой на станах холодной прокатки или при помощи сочетания процессов холодной прокатки, или при помощи сочетания процессов холодной и волочения. При изготовлении холоднотянутых труб используют холодное волочение. Горячекатаные трубы диаметром до 820 мм изготавливают при помощи различных станов: автоматических, пилигримовых, непрерывных и т.д.

Преимущества:

- высокая прочность и надежность из-за отсутствия швов;
- термостойкость
- высокая продолжительность эксплуатационного периода;
- гибкость получаемых изделий;
- высокая коррозионная устойчивость.

Недостатки:

- высокая стоимость по сравнению с другими материалами;
- относительно небольшой сортамент;
- высокий вес получаемых изделий;
- для производства необходимо высокотехнологичное оборудование.

4.1.2 Электросварные трубы

Электросварные трубы получают путем формовки штрипсов или электросварки листового проката.

При сооружении промышленных трубопроводов применяют электросварные трубы, которые получают при помощи сварки давлением и плавлением. Сварку давлением применяют при изготовлении труб с внешним диаметром до 600 мм и толщиной стенки до 12 мм из углеродистых и низколегированных сталей (индукционная сварка, контактная стыковая сварка

сопротивлением и оплавлением). На заводах по изготовлению труб также применяют электродуговую сварку под флюсом (для диаметров от 426 до 1420 мм) и в среде инертных газов (для диаметров до 460 мм).

Прямошовные трубы изготавливают прессованием или горячим вальцеванием; трубы малого диаметра – с одним продольным швом; трубы большого диаметра – из двух скорлуп, соединенных двумя продольными швами [8].

Спиральношовные трубы изготавливают из непрерывной стальной ленты при помощи автоматической сварки под слоем флюса (рисунок 3).

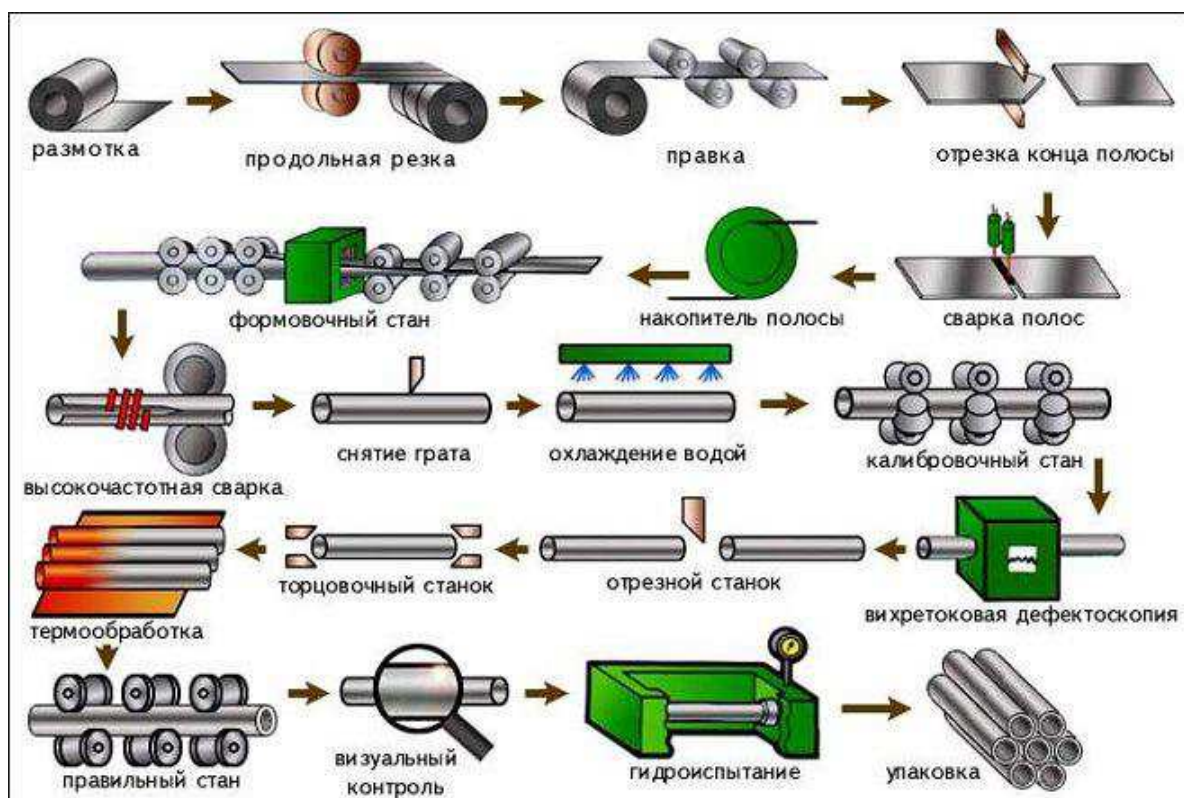


Рисунок 3 – Технологическая схема изготовления электросварных стальных труб

Многослойные трубы изготавливают на станах – в виде двухслойных спиральношовных и многослойных с любым количеством слоев. Во втором варианте каждая труба состоит из 5 многослойных и 2 монолитных обечаек по

концам. Многослойные трубы любой толщины стенки производят из тонколистового дешевого металла.

Так же существуют многослойные биметаллические трубы, которые имеют 2 слоя сплавов. Основной слой состоит из конструкционной – углеродистой или низколегированной стали и плакирующий слой из коррозионностойкой стали. От основного слоя зависит конструктивная прочность и другие механические характеристики трубопровода, а плакирующий слой, который находится в контакте с агрессивной средой, обеспечивает требуемую коррозионную стойкость трубопровода.

Преимущества:

- относительно низкая себестоимость;
- пониженная металлоемкость и вес;
- расширенный ассортимент в сравнении с бесшовными трубами;
- возможность изготовления не только круглых, но и профильных труб;
- простота изготовления;

Недостатки:

- пониженный предел давлений (для бесшовных – 20 МПа, для электросварных – 16 МПа);
- отсутствие гибкости изделий;
- необходимость использования хорошосвариваемых сортов стали;
- малая устойчивость к коррозии.

4.2 Чугунные трубы

Трубы, изготавливаемые из чугуна менее подвержены коррозионным процессам и за счет этого, имеют больший срок службы, а также имеют более простую технологию изготовления. Однако, они имеют большую металлоемкость (т.е при их производстве задаются большими значениями толщин стенок). Стоит также отметить, что затраты на их изготовление и

сооружение трубопроводов, примерно на 35 % меньше, чем у трубопроводов из стали [9, 10].

Для газонефтепроводов применяют трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, у которого вместе с высокой прочностью имеется достаточная пластичность, а также обладает, отличными литейными свойствами, и имеет более низкую стоимость по сравнению с другими материалами.

Трубы из высокопрочного чугуна благодаря из-за большой механической прочности и пластичности могут выдерживать высокие избыточные рабочие давления, и даже учитывая их склонность к коррозии имеют больший срок службы, чем обычные трубы из альтернативных материалов [8].

Производство чугунных труб заключается в отливке металла, через различные способы, в формы. В России наибольшее распространение имеют центробежный метод литья труб из серого чугуна в водоохлаждаемые формы и полунепрерывный метод литья чугунных труб.

У чугунных труб имеются также и свои недостатки:

- хрупкость;
- высокая металлоемкость и вес;
- трудность изготовления при диаметрах менее 50 мм;
- возможность поставки только прямыми отрезками малой длины.

5 Анализ альтернативных материалов

5.1 Неметаллические трубы

5.1.1 Пластмассовые трубы

Трубопроводы, изготовленные из пластмассовых материалов, обладают рядом преимуществ.

Во-первых, они не подвергаются коррозионным разрушениям, которые создают многочисленные проблемы во время эксплуатации трубопроводов из стали. Это связано с физико-химическими свойствами пластмасс, на их поверхности не могут проходить окислительно-восстановительные процессы приводящие к электрохимической коррозии и их низкая электрическая проводимость исключает возможность возникновения блуждающих токов, которые также приводят к коррозионным процессам.

Также у них на 20...30 % меньше потерь давления на трение по сравнению с металлическими трубопроводами из-за уменьшения шероховатости поверхности внутренней стенки, из-за этого же увеличивается и пропускная способность пластмассовых трубопроводов.

Трубопроводы изготовленные из термопластичных материалов до 10 раз легче стальных, что в значительной степени снижает затраты на их транспортировку и монтаж [10, 11].

Пластмассовые трубопроводы ограничиваются в применении в качестве промышленных трубопроводов на нефтегазовом производстве из-за следующих недостатков:

- низкий модуль упругости;
- высокий коэффициент линейного расширения;
- низкая теплостойкость;
- подверженность ползучести и старению;

– хладноломкость (уменьшение пластичности и увеличение хрупкости при низких температурах);

– изменение с ходом времени своих физико-химических свойств.

На территории РФ промышленные трубопроводы сооружаются из следующих пластмасс:

- полиэтилен низкого давления (ПНД);
- полиэтилен высокого давления (ПВД);
- полипропилен (ПП);
- поливинилхлорид (ПВХ);
- композитный материал из пластика и стекла.

За рубежом применяют трубы из полибутадиенстирола, полиэтилена, ПП, хлорированного ПВХ, а также из стеклопластиков.

Трубопроводы, изготовленные из ПП более легкие и теплостойкие по сравнению с полиэтиленовыми. Полипропилен в несколько раз прочнее, и имеет более низкую газопроницаемость. Но, с экономической точки зрения их стоимость превышает стоимость труб из полиэтилена.

ПВХ имеет следующие отличия по сравнению с полиэтиленовыми:

- большая плотность;
- пониженная морозостойкость;
- подвержен влиянию ультрафиолетовых лучей;
- требует более бережного отношения, так как чувствителен к деформациям различного рода.

Полиэтиленовые трубы изготавливают путем непрерывной шнековой экструзии (продавливания через формующее отверстие). Приготовленные гранулы полиэтилена засыпают в бункер экструдера, откуда захватывают шнеком и транспортируют через обогревательный цилиндр. Во время прохождения через него материал пластифицируется и в вязкотекучем состоянии продавливается через образуемый дорном и мундштуком (формовочное устройство) кольцевой зазор экструзионной головки. Труба,

выходящая из экструдера, поступает на калибровку, ее охлаждают водой, маркируют и нарезают на отрезки заданной длины при помощи резака или наматывают на катушку (барабан) (рисунки 4, 5, 6).

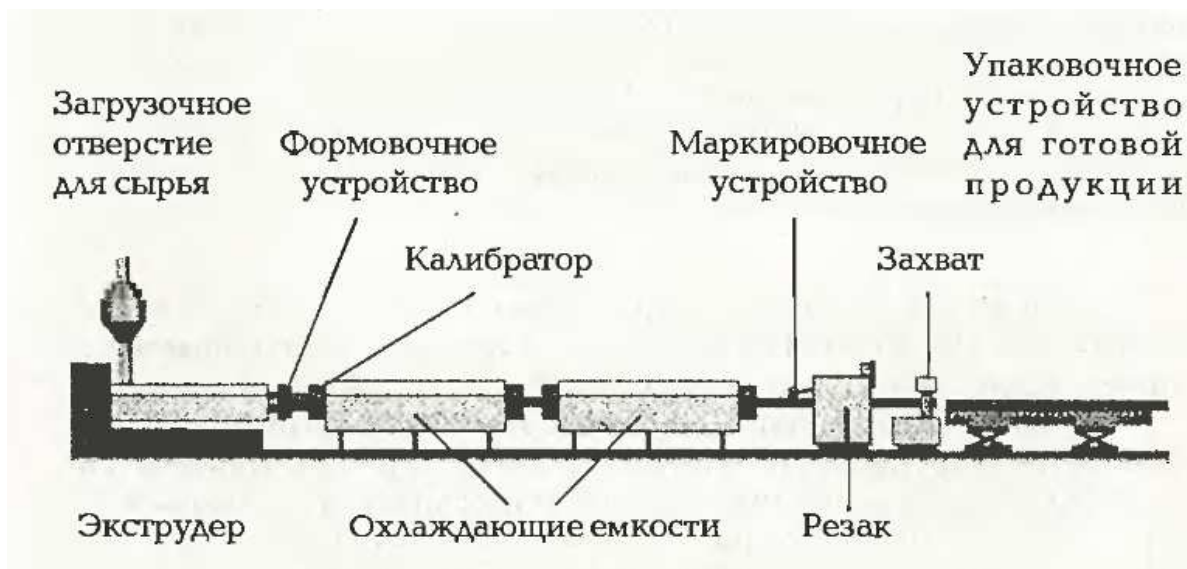


Рисунок 4 – Схема экструдерной установки



Рисунок 5 – Намотка ПЭТ на катушку



Рисунок 6 – Готовые ПЭТ

5.1.2 Стеклопластиковые трубы

Стеклопластик – это конструкционный композитный материал, который в основном состоит из 2 компонентов:

- стеклянных волокон (выступающие в роли упрочняющей части материала)

- полимера-наполнителя (является связующим звеном, который склеивает стеклянные волокна и делает конструкцию более прочной и жесткой) [8].

Свойства стеклопластика зависят от характера составляющих его компонентов их массовой концентрации, схемы нанесения полимера-наполнителя и технологии производства.

Бесщелочное стекло, используемое при изготовлении стеклопластика, используется в виде волокон (диаметром от 8 до 14 мм), прядей, нитей, тканей, лент и матов. Использование того или иного вида стекла будет непосредственно влиять на конструкционные свойства получаемого материала.[9]

Для полимера-наполнителя применяют различные терморезистивные смолы (эпоксидные, фурановые, полиэфирные), а также их смеси. Иногда используют и термопластичные смолы (ПЭ, ПП и другие).

Трубы из стеклопластиков обладают рядом преимуществ, которые определяют область их применения:

- высокая коррозионная стойкость;
- хорошие диэлектрические свойства;
- низкая шероховатость (следовательно, уменьшаются потери напора);
- малая плотность (а значит, легкость монтажа);
- большая прочность (используются с давлением до 12,5 МПа);
- не подвержены действию блуждающих токов;
- обладают значительной гибкостью;
- низкий коэффициент линейного расширения;
- низкая теплопроводность;
- способность предотвращать отложения парафина (до полного отсутствия);
- огнестойкость;
- сокращение сроков строительства трубопроводов и снижение стоимости монтажных работ;
- исключение вредных для здоровья видов работ по изоляции и сварке труб; повышение экологической безопасности при строительстве;
- увеличение сроков службы трубопроводов; сокращение количества порывов на нефтепроводах, соответственно снижаются потери нефти и загрязнение окружающей среды [10].

Недостатки:

- чувствительны к перегрузкам, т. е. склонны к растрескиванию под действием высокого давления;
- электростатичны, т. е. способны накапливать статический заряд электричества;

- нестабильность показателей механических свойств;
- сложность обеспечения герметичности стыковых соединений;
- относительно высокая стоимость;
- ограничение рабочих параметров и диаметра трубопровода;
- не разработана технология проведения ремонтных работ;
- отсутствует экономичная научно-обоснованная технология строительства на болотах и вечномёрзлых грунтах.

В зависимости от вида наполнителя и технологических свойств полимерной композиции стеклопластиковые трубы можно подразделить на следующие виды:

- трубы из стеклотекстолита – слоистого пластика с наполнителем в виде стеклянной ткани или ленты;

- трубы из стекловолокнита – прессовочной композиции с наполнителем в виде рубленого стекловолокна, ровницы и нити;

- трубы из ориентированного стекловолокнистого анизотропного материала с наполнителем в виде элементарных стеклянных волокон, пряжей или нитей, параллельно уложенных относительно друг друга в один или несколько слоев по толщине стенки трубы;

- трубы с наполнителем в виде предварительно формованного короткого стекловолокна или стекломатов;

- трубы с комбинированным наполнителем из стеклоленты, стеклонитей или пряжей различной их ориентации по слоям стенки трубы, а также в сочетании с лентами или трубами из термопластов — бипластмассовые трубы.

Трубы последних двух видов наиболее целесообразны для газонефтепроводов.

5.1.3 Полимержелезобетонные трубы

Самый известный представитель данного вида труб – железобетонные трубы, футерованные изнутри тонкостенным цилиндром – чехлом из термопластичных полимеров – полиэтилена, ПП и ПВХ.

Данные трубы (рисунок 7) состоят в основном из 3 материалов:

- бетон (воспринимает нагрузки на сжатие);
- арматура (воспринимает нагрузки на растяжение)
- тонкостенный цилиндр (делает трубу водонепроницаемой, стойкой к различным химическим средам и износу).

Полимержелезобетонные трубы производят в горизонтальных или вертикальных формах, состоящих из раздвижных сердечников и наружной опалубки. Полимерный чехол надевают на сердечник, устанавливают арматурный каркас, все это помещают в форму (опалубка) и проводят бетонирование с применением вибраторов для уплотнения бетона [8].

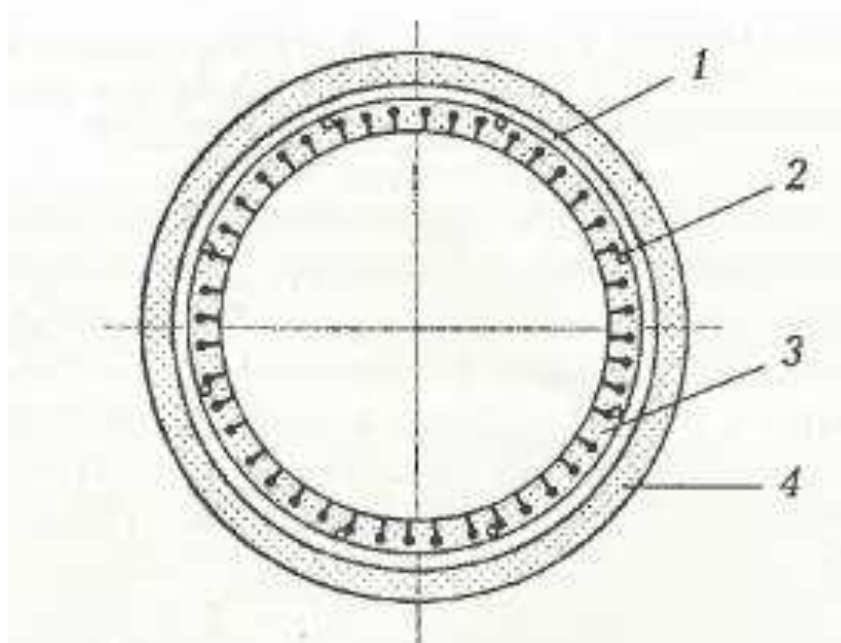


Рисунок 7 – Полимержелезобетонная труба: 1 – спиральная арматура; 2 – продольная арматура; 3 – профилированная полимерная оболочка; 4 – бетонная стенка

5.2 Полимерметаллические многослойные и комбинированные трубы

Трубы из различных полимерных материалов, хоть и вносят достаточно большой вклад в повышение надёжности трубопроводов, но, как было сказано выше, имеют ряд существенных недостатков, ограничивающих их применение: большой коэффициент температурного расширения, недостаточная прочность и твердость.

Главной проблемой является возможность их применения только при достаточно низких рабочих давлениях (до 1,6 МПа). Армирование полимерных труб и увеличение их несущей способности в значительной степени позволяет решить эту проблему и увеличить их применение для транспортировки нефти и газа.

На сегодняшний день, разработаны и выпускаются полимерно-металлические трубы, которые удовлетворяют необходимым параметрам для транспортировки нефти на промысле 3 видов:

- металлопластиковые трубы (МПТ);
- стальные трубы, футерованные полиэтиленом;
- гибкие полимерно-металлические трубы (ГПМТ) [8].

5.2.1 Металлопластиковые трубы

Металлопластиковые трубы состоят из 2 компонентов:

- армирующий каркас (проволока из низколегированной стали);
- термопластичный полимер (ПЭ, ПП).

МПТ обладают всеми преимуществами полимерных (пластмассовых) труб, но из-за наличия стального каркаса они прочнее до 5 раз, имеют больший срок службы и менее подвержены хладноломкости.

МПТ изготавливаются методом экструзии из полимерных материалов (полиэтилен низкого давления) с одновременным армированием стальным сварным каркасом из проволоки с последующим оформлением законцовок под резьбовое, муфтовое или фланцевое соединение труб между собой (рисунок 8). В каждой точке пересечения продольные и спиральная проволоки каркаса свариваются контактной сваркой. Законцовка под фланцевое соединение приваривается к трубе с использованием сварки.

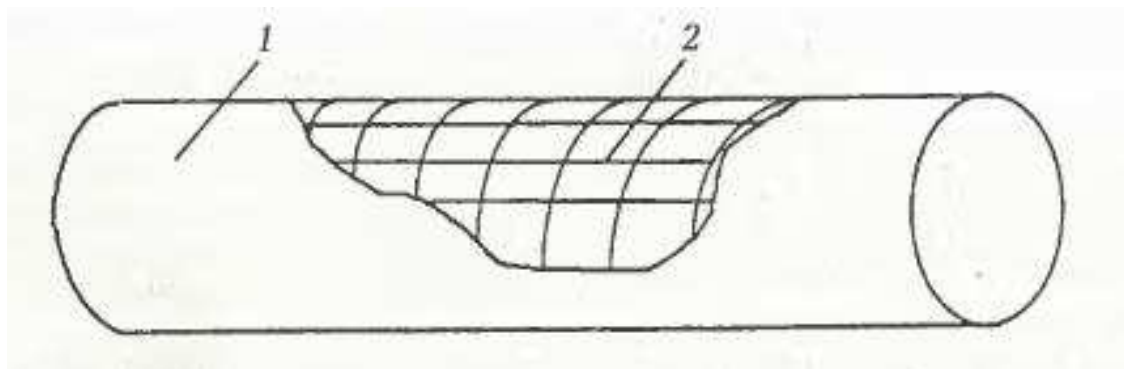


Рисунок 8 – Конструкция металлопластиковой трубы:

1 – полиэтиленовая матрица; 2 – стальной проволочный каркас

Монтаж металлопластиковых труб осуществляется контактной сваркой полиэтиленовых заканцовок с последующим усилением стальными фланцами или муфтами.

С 1989 г. на нефтяных месторождениях Сибири, Удмуртии, Башкортостана, Северного Кавказа и западного Урала эксплуатируется около 2500 км МПТ на выкидных линиях и нефтесборе с рабочим давлением до 4 МПа, в качестве водоводов питьевого водоснабжения – около 150 км [8].

5.2.2 Стальные трубы, футерованные с наружной и внутренней стороны полиэтиленом

Данные трубы, используют при необходимости транспортировки высокоагрессивных сред при температуре окружающей среды от +40 °С до –45 °С, могут быть использованы в качестве высоконапорных подземных коммуникаций.

Их отличает простота производства и относительная дешевизна, монтаж производится обычной электродуговой сваркой.

Все операции технологического процесса производства труб с внутренней и внешней изоляцией отвечают современным требованиям. На предприятии производятся следующие технологические операции:

- сортировка труб (по геометрическим параметрам, на соответствие металлов госстандартам);

- контроль качества стыков труб при сварке их в трехтрубную плетть;

- очистка наружной поверхности стационарными дробцементными, дробеструйными и иглофрезерными установками с контролем качества подготовленной поверхности;

- нанесение наружной изоляции в цеховых условиях с контролем исходного сырья, технологических операций нанесения клеящего слоя, основного защитного покрытия и автоматического контроля сплошности и адгезии к основному металлу.

Цеховая технология изготовления трубных петель позволяет:

- максимально автоматизировать и механизировать технологические процессы;

- исключить влияние погодных условий на качество выполняемых работ;

- увеличить производительность труда при сооружении трубопроводов.

5.2.3 Гибкие полимерно-металлические трубы

Конструкция ГПМТ (рисунок 9) состоит из слоев высокопрочной стали, перемежаемых полимерными оболочками, и выполнена из расчета комплексного использования функциональных свойств отдельных элементов, что делает их устойчивыми к перепадам температур и давлений, динамике потока транспортируемой жидкости, подвижкам траншейных грунтов, транспортным, монтажным и технологическим нагрузкам и даже к механическим повреждениям.

Гибкие полимерно-металлические трубы (ГПМТ) предназначены для прокладки наземных и подземных трубопроводов при транспортировке нефти, нефтепродуктов, нефтегазовых смесей, воды с агрессивными примесями, а также для питьевого и хозяйственного водоснабжения.

Назначение и область применения ГПМТ:

- водоводы питьевой воды;
- водоводы пластовых сточных вод;
- нефтепроводы;
- подводные трубопроводы;
- бурение и нефтехимия;
- геологоразведка;
- коммунальное хозяйство;
- мелиорация.

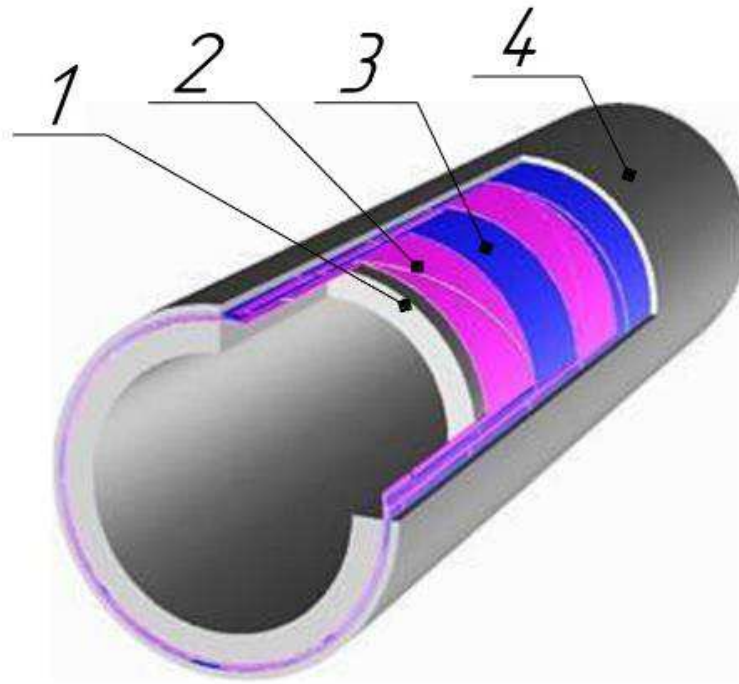


Рисунок 9 – Конструкция ГПМТ: 1 – внутренняя герметизирующая оболочка, 2 – грузонесущие элементы (стальная проволока), 3 – промежуточная прослойка (лента ПВХ), 4 – спиральный каркас (металлическая лента)

6 Техническое предложение

В качестве альтернативной замены промышленных трубопроводов из стали предлагается использовать гибкие полимерно-металлические трубы.

ГПМТ применяются в качестве выкидных и нефтесборных линий, систем транспортирования газонасыщенной или разгазированной, обводненной или безводной нефти, нефтяных газов, систем закачки пластовых и сточных вод, водоводов поддержания пластового давления, а также транспортировки растворов солей, кислот и других химических реагентов, не вступающих в реакцию с материалом, из которого изготовлена внутренняя и внешняя оболочки ГПМТ. ГПМТ могут работать как в условиях статических, так и динамических нагрузок.

Одним из производителей ГПМТ на российском рынке является компания ООО «Поликорд-флекс». Основные параметры и характеристики ГПМТ «Поликорд-флекс» на рабочее давление до 4 МПа (40 атм.) для транспортировки жидкостей с рабочей температурой до плюс 95°C соответствуют данным, приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры ГПМТ «Поликорд-Флекс»

Наименование параметра	Значение		
Условный проход, мм	50	75	100
Внутренний фактический диаметр, мм	50	75	90
Наружный диаметр, мм, не более	85	115	135
Рабочее давление, МПа, макс.	4	4	4
Испытательное давление, МПа, макс	6	6	6
Длина секции, м, не более	350	220	150
Радиус изгиба, м, не менее	0,60	0,75	1,10
Масса 1 пог.метра, кг, не более	5,1	7,3	9,2

7 Технология изготовления ПАТ

Производство всех полимерно-армированных труб производится на специальных трубных линиях. Принципиальный вид и отдельные составляющие элементы такой линии показаны на рисунке 10.

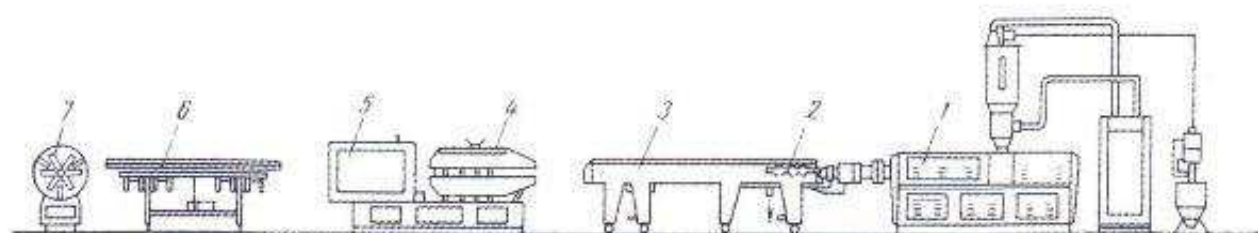


Рисунок 10 – Принципиальная классическая схема технологической линии по производству полимерных труб методом экструзии: 1 – смеситель компонентов, 2 – загрузочное устройство, 3 – экструдер, 4 – экструзионная головка, 5 – калибровочное устройство, 6 – охлаждающая ванна, 7 – тянущее устройство

Трубы из термопластов изготавливают на специальных машинах – экструдерах, методом экструзии – непрерывным выдавливанием вязкотекучего полимера через его рабочую, выходную часть – головку, имеющую кольцевую щель, которая непосредственно и образует трубу.

Рабочим органом экструдера, является вращающийся червяк (шнек), обычно с постепенно уменьшающимся к выходу диаметром винтового канала. Исходное сырье в виде гранул захватывается червяком и продвигаясь в зазоре между внутренней стенкой корпуса экструдера и каналом червяка, сжимается (давление достигает от 15 до 50 МПа), разогревается, пластицируется и гомогенизируется. Тепло, необходимое для разогрева и пластикации, подводится от электронагревателей, установленных на корпусе экструдера, а также выделяется вследствие интенсивного деформирования полимера и трения его о стенки корпуса и червяка.

Подача расплава из экструзионной головки может происходить в продольном, либо в поперечном направлении относительно оси производимой трубы. В первом случае материал формируется непосредственно в трубу путем выхода полимерной массы через кольцевую щель. Во втором случае материал выдавливается и наносится на другое, уже готовое изделие, проходящее через головку экструдера. Роль внутренней стенки изготавливаемой трубы при этом варианте выполняет наружная стенка предварительно сделанной трубы.

Процесс получения полипропиленовой трубы экструзией выполняется одностадийно, в отличие от экструзии металлопластиковой трубы здесь отсутствуют операции по нанесению клеящих слоев и созданию алюминиевой оболочки.

Преимущество экструзионного способа производства в том, что он обеспечивает непрерывность и стабильность процесса, точность размеров и высокое качество изделия, высокую производительность, легкость регулирования и автоматизацию процесса.

Ввиду эластичности полимера и малой толщины стенок, изготавливаемые трубы гибки и это позволило, выпуская их неограниченной длиной, производить намотку труб в бухты, а не нарезать отрезками по 4...6 м.

Процесс получения армированных полипропиленовых труб, способом экструзии пополняется включением в трубную линию дополнительного технологического оборудования.

8 Сооружение трубопровода из ГПМТ «Поликорд-флекс»

Монтаж трубопровода из ГПМТ «Поликорд-флекс» производится путем сматывания гибких труб с отдающего устройства (бухтоотдатчика) или барабана, который установлен на транспортном средстве (автомобильном или тракторном прицепе, грузовой тележке, санях и т.д), на подготовленную трассу или в траншею.

При сматывании и укладке гибких труб не допускается:

- волочение трубы по поверхности способной повредить наружный слой трубы;

- перемещения гибкой трубы при ее укладке в траншею с помощью ломов без защиты поверхности трубы от повреждений;

- изгиб трубы в зоне концевого соединения в пределах двухметровой зоны от фланцев;

- скручивание трубы относительно продольной оси.

Монтаж трубопровода из ГПМТ состоит из следующих процедур:

- получение секций труб;

- подготовка трассы под трубопровод;

- размотка, прокладка и стыковка секций гибких труб в трубопровод на местности;

- испытания трубопровода на герметичность.

При монтаже трубопровода в траншею секция гибкой трубы укладывается на бухтоотдачик и на проточку бандажа наносится густая смазка. Затем на бандаж заносится фланец, укладывается закладное кольцо и на него надвигается фланец таким образом, чтобы закладное кольцо полностью вошло во внутреннюю расточку фланца. Далее посредством шпилек к фланцу прикрепляется монтажная головка. Перемещением отдающего устройства вдоль траншеи разматывается секция гибкой трубы и производятся те же операции для второго концевого соединения. Затем происходит нагрузка

секции трубы тарированным усилием и при достижении необходимой величины напряжения, не снимая нагрузки, фиксируется секция путем ее засыпки и утрамбовки по всей длине, за исключением концевых участков длинами около 10 м. В конце укладывается вторая секция трубы и присоединяется начальный конец второй секции, находящаяся на отдающем устройстве, к проложенной первой секции через шпильки.

9 Утилизация ПАТ

Главная цель всех способов утилизации ПАТ – разрушение связующего звена (матрицы), для выделения армирующего слоя и, как результат, получение в конце процесса различных отходов переработки. В общем случае, существует 3 основных метода утилизации (рисунок 11):

- физический;
- химический;
- термический [14].



Рисунок 11 – Методы утилизации ПКМ

9.1 Физические методы утилизации

При применении физического способа утилизации ПАТ, чаще всего используют механический метод. Его характерная особенность – простота технологии и универсальность, он подходит для утилизации любых ПАТ. Также при использовании данного метода отсутствуют различные выбросы и отходы и возможна одновременная переработка как армирующего слоя, так и полимерного связующего

Основными недостатками данного метода являются:

- высокие затраты на энергообеспечение;
- снижение в значительной степени механических свойств измельченных армированных пластиков;
- малый круг применения измельченных армированных пластиков [14].

Помимо механического метода, применяют радиационных метод переработки ПАТ. При помощи радиационного метода через высокоэнергетическое излучение разрушаются все виды полимеров, а стальная основа остается нетронутой и готовой к повторному использованию. Ограничивающим фактором для использования данного метода является его большое воздействие на организм человека и внешнюю среду.

9.2 Химические методы утилизации

Приводятся исследования по утилизации ПАТ с использованием химических методов, основанных на деполимеризации (химическом разрушении) полимерного связующего, продуктом которых на выходе является волокно. В этом направлении основными перспективными методами являются термокатализ, сольволиз и окисление в псевдооживленном слое.

Преимуществами термокаталитических методов являются: низкое энергопотребление, высокая селективность процесса по полимерным связующим (90...98 %) и сохранение свойств армированного наполнителя.

Основными недостатками термокаталитических методов переработки отходов композиционных материалов являются: сложность контроля технологического процесса переработки армированных пластиков с последующей утилизацией вредных реагентов и продуктов распада полимерной матрицы, сложность технологического оборудования из-за необходимости вести процесс при высоких давлениях (до 3,5 МПа, в отдельных случаях – до 29 МПа), а также селективность реагентов для деполимеризации связующего, т. е.

для каждого утилизируемого связующего требуется подбирать состав исходных реагентов.

Преимуществами метода сольволиза являются: сравнительная простота аппаратного оформления, энергоэффективность процесса утилизации, а также то, что продукты разложения эпоксидного связующего возможно использовать при повторном синтезе эпоксидных смол. Выходными продуктами являются волокно и деполимеризованное эпоксидное связующее. Установлено, что процесс сольволиза позволяет удалить до 90% смолы, в результате чего образуются восстановленное волокно и жидкая фракция (химическое вещество), состав которой имеет потенциальную коммерческую ценность, в частности такие вещества, как бензойная кислота, бензальдегид, изопропилфенилкетон, метилэтиловый эфир, метилизобутиловый эфир, бензол и ацетальдегид [14].

Частным случаем термокатализа является окисление в псевдооживленном слое, разработанное в Ноттингемском университете под названием fluidized bed process (FBP), общая схема процесса представлена на рисунке 13.

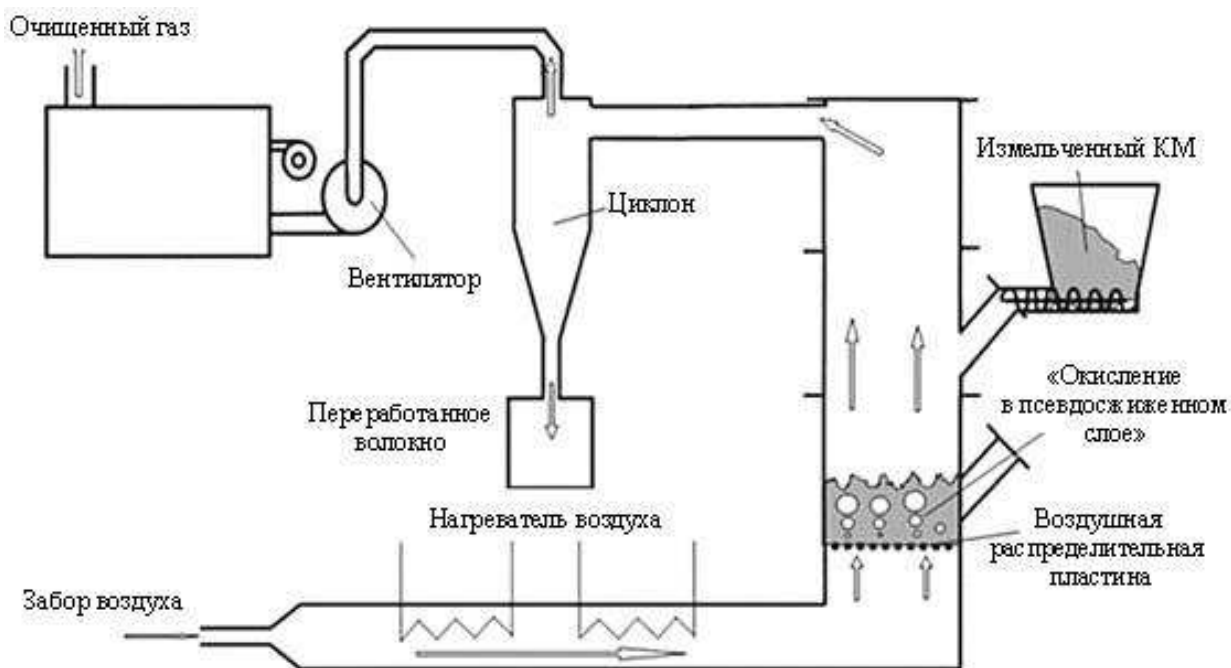


Рисунок 12 – Схема процесса «окисление в псевдооживленном слое»

Сущность технологии заключается в следующем. В ванну с твердым дисперсным наполнителем, например, песком, помещают утилизируемый ПАТ, а затем подают горячий газ (нагретый до температуры от 450 до 550 °С), обогащенный кислородом (воздухом). Нагретый газ проходит через слой песка, который окисляет полимерное связующее, затем горячий воздушный поток уносит волокна и продукты окисления полимерного связующего из зоны реакции. Волокна в циклоне отделяются от продуктов окисления полимерного связующего. Недоокисленные соединения полимерного связующего полностью окисляются в камере сгорания. С помощью данного процесса можно справиться с различными загрязнителями ПКМ – любые органические материалы (полимеры, краски, пены) окисляются, а металлы (металлическая проволока, крепеж и вставки) остаются в псевдоожиженном слое.

10 Обоснование области применения

Трубы «Поликорд-флекс» выполнены с использованием внутренней камеры, выполненной из полиэтилена РЕ-РТ тип II в соответствии с ТУ 2248-012-54432486 – 2013 с учетом требований ГОСТ 32415, сохраняют длительную прочность и герметичность при воздействии на них высокоагрессивных транспортируемых сред с содержанием сероводорода до 700 мг/л, углекислого газа до 1200 мг/л, мехпримесей до 600 мг/л, наличием серы, асфальтенов, силикагелевых смол, активных ионов хлора и т.д., а также при транспорте безводной нефти и нефтепродуктов, с температурой транспортируемых сред не более 95 °С, при рабочем давлении до 4 МПа, и изменении температуры окружающего воздуха от минус 60 °С до плюс 60 °С [12].

Пропускная способность труб при средней длине трубопровода 1 км, при перепаде давления не более 0,5 МПа, м³/сутки, не менее:

$$D_y = 50\text{мм} - 350\dots400;$$

$$D_y = 75\text{мм} - 700\dots750;$$

$$D_y = 50\text{мм} - 1200\dots1300.$$

10.1 Конструкция гибкой полимерно-металлической трубы «Поликорд-флекс»

ГПМТ имеет следующие конструктивные элементы:

- внутреннюю герметизирующую камеру;
- упрочняющие оболочки;
- промежуточные герметизирующие прослойки;
- внешнее защитное покрытие (наружную оболочку);
- концевые соединения.

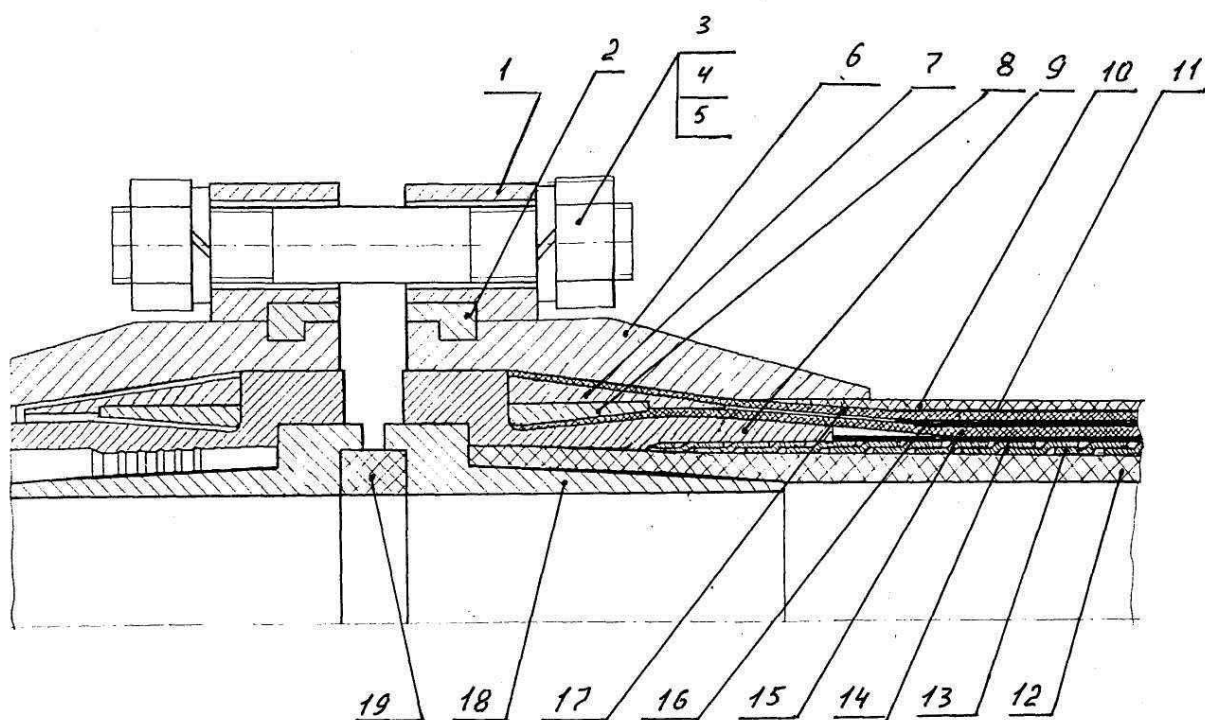


Рисунок 13 – Конструкция ГПМТ «Поликорд-флекс»: 1 – фланец, 2 – закладное кольцо, 3 – шпилька, 4 – гайка, 5 – шайба, 6 – бандаж, 7 – бандажное кольцо, 8 – разрезное кольцо, 9 – ниппель, 10, 11 – изолирующая оболочка, 12 – труба полиэтиленовая, 13 – спиральный корпус из стальной ленты, 14 – изолирующая оболочка, 15 – повивы грузонесущих элементов из полипропилена, 16 – изолирующая оболочка, 17 – повивы грузонесущих элементов из полипропилена, 18 – конус, 19 – прокладка

Трубы сохраняют свои эксплуатационные показатели в заданных пределах и условиях эксплуатации. Трубы ремонтпригодны в полевых условиях. Срок службы труб – 25 лет.

Трубы сохраняют длительную стойкость к климатическим воздействиям окружающей среды в интервале температур окружающего воздуха от минус 60 °С до +60 °С, солнечной радиации, атмосферных осадков, колебаниям влажности и атмосферного давления, соленого морского тумана, морской воды, пыли, а также к внешнему воздействию нефтепродуктов: топлива, масел и т.д.

Трубы сохраняют стойкость при землетрясении силой до 6 баллов по шкале Рихтера.

10.2 Особенности материалов и сырья

Внутренняя герметизирующая камера труб выполнена из материалов, стойких к транспортируемым нефтепромысловым средам с содержанием сероводорода до 700 мг/л, углекислого газа до 1200 мг/л, мехпримесей до 600 мг/л, наличием серы, асфальтенов, силикагелевых смол, активных ионов хлора и т.д., а также при транспорте газа. Наружная оболочка должна быть стойкой к воздействию солнечной радиации и атмосферных осадков в условиях УХЛ и М категории 1 по ГОСТ 15150.

Упрочняющие оболочки выполнены из материалов, обеспечивающих:

– восприятие внутреннего рабочего гидравлического давления с 2-х кратным запасом прочности;

– восприятие осевого механического растяжения при рабочем давлении до 4 МПа не менее чем:

для $D_y = 50\text{мм}$ – 800 кгс;

для $D_y = 75\text{мм}$ – 1800 кгс;

для $D_y = 100\text{мм}$ – 2500 кгс;

– восприятие осевого механического растяжения при рабочем давлении до 15 МПа не менее чем:

для $D_y = 50\text{мм}$ – 4000 кгс;

для $D_y = 75\text{мм}$ – 6000 кгс;

для $D_y = 100\text{мм}$ – 6300 кгс;

– восприятие внешних нагрузок от массы грунта в траншее.

Промежуточные герметизирующие полимерные прослойки и оболочки выполняются из материалов, обеспечивающих дополнительную фиксацию и герметизацию упрочняющих оболочек и отдельных ее элементов.

Внешнее защитное покрытие (наружная оболочка) выполнено из материалов, стойких к воздействию различных климатических условий, а также к воздействию транспортируемых сред: нефтепродуктов, топлива, масел и т.д.

Концевые соединения выполняются из материалов, стойких к транспортируемым средам.

На уплотняющих поверхностях деталей концевого соединения не допускается наличие забоин, раковин, трещин и других дефектов, способных вызвать утечку транспортируемых жидкостей.

Концевые соединения обеспечивают механическую и гидравлическую равнопрочность с телом труб, одинаковую с ними долговечность, быть ремонтпригодными в полевых условиях. Присоединительные детали концевых соединений обеспечивают соединение отдельных секций труб в трубопровод. Присоединение концевых соединений труб к стандартным фасонным изделиям и запорной арматуре осуществляется через ответные фланцы.

11 Технологический расчет трубопровода

Для того, чтобы определить целесообразность применения ПАТ для сооружения промысловых трубопроводов выполним технологический расчет нефтепровода на участке Юрубчено-Тохомского месторождения «Скв. Юр. 1046 – т. Вр. Скв. Юр. 1046» длиной $L=1650$ м, с внутренним диаметром $D_{\text{в}}=102$ мм, который транспортирует $Q=84,8$ м³/ч нефтяного флюида с плотностью $\rho=808,6$ кг/м³ и кинематической вязкостью $\nu_{20}=4,38$ мм²/с (при температуре в 20 °С).

Цель данного расчета – сравнение потерь на трение при использовании труб из стали и ПАТ.

11.1 Расчет стального трубопровода

Согласно ГОСТ 550 – 2020 «Трубы стальные бесшовные для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Технические условия» [15] принимаем горячедеформированную трубу с наружным диаметром $D_{\text{н}}=114$ мм, толщиной стенки $\delta=6$ мм, изготовленной из стали марки 20.

Определим секундный расход флюида по формуле (1):

$$Q_{\text{сек}} = \frac{Q_{\text{час}}}{3600}. \quad (1)$$

По формуле (1) получаем:

$$Q_{\text{сек}} = \frac{84,8}{3600} = 0,0236 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Далее найдем среднюю скорость течения флюида по формуле (2):

$$v_{\text{cp}} = \frac{4 \cdot Q_{\text{сек}}}{\pi \cdot d^2}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{сек}}$ – секундный расход нефти, м³/с;

d – внутренний диаметр трубы, м.

Подставив значения в формулу (2), получаем:

$$v_{\text{cp}} = \frac{4 \cdot 0,0236}{\pi \cdot 0,102^2} = 2,88 \text{ м/с}.$$

Так же необходимо рассчитать число Рейнольдса для определения режима течения потока по формуле (3):

$$\text{Re} = \frac{v_{\text{cp}} \cdot d}{\nu}, \quad (3)$$

где v_{cp} – средняя скорость течения флюида, м/с;

d – то же, что и в формуле (2);

ν – кинематическая вязкость флюида, м²/с.

По формуле (3) получаем:

$$\text{Re} = \frac{2,88 \cdot 0,102}{4,38 \cdot 10^{-6}} = 67068.$$

При $\text{Re} < 2320$ режим течения ламинарный, в обратном случае – турбулентный.

В нашем случае, режим течения нефти - турбулентный.

При турбулентном режиме течения различают три зоны трения: гидравлически гладких труб (коэффициент гидравлического сопротивления λ зависит только от Re); смешанного трения (λ зависит от Re и относительной

шероховатости ε) и квадратичного трения (λ зависит только от ε). Границами этих зон являются переходные числа Рейнольдса, формулы (4) и (5):

$$Re_1 = \frac{10}{\varepsilon}, \quad (4)$$

$$Re_2 = \frac{500}{\varepsilon}, \quad (5)$$

где ε – относительная шероховатость труб, ед.

Для определения относительной шероховатости труб воспользуемся формулой (6):

$$\varepsilon = \frac{K_{\varepsilon}}{d}, \quad (6)$$

где K_{ε} – эквивалентная шероховатость, мм.

d – внутренний диаметр, мм.

Таблица 4 – Эквивалентная шероховатость стальных труб (данные А. Д. Альтшуля)

Вид трубы	Состояние трубы	K_{ε} , мм
Бесшовные стальные	Новые, чистые	0,01 – 0,02
Сварные стальные	После нескольких лет эксплуатации	0,15 – 0,3
Сварные стальные	Новые, чистые	0,03 – 0,12
Сварные стальные	С небольшой коррозией после очистки	0,1 – 0,2
Сварные стальные	Умеренно заржавевшие	0,3 – 0,7
Сварные стальные	Старые заржавевшие	0,8 – 1,5
Сварные стальные	Сильно заржавевшие	2 – 4

Выбранная труба является бесшовной, соответственно принимаем $K_{\varepsilon} = 0,02$ мм.

Подставляем значения в формулу (6) и получаем:

$$\varepsilon = \frac{0,02}{102} = 1,96 \cdot 10^{-4}.$$

Также подставим значения в формулы (5) и (6):

$$Re_1 = \frac{10}{1,96 \cdot 10^{-4}} = 51020;$$

$$Re_2 = \frac{500}{1,96 \cdot 10^{-4}} = 2551020.$$

Параметры зон трения, следующие:

– гидравлически гладкие трубы: $2320 < Re < Re_1$, коэффициент гидравлического сопротивления вычисляется согласно формуле Блазиуса (7):

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}, \quad (7)$$

где Re – число Рейнольдса, ед.

– зона смешанного трения: $Re_1 < Re < Re_2$, коэффициент гидравлического сопротивления вычисляется согласно формуле Альтшуля (8):

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\varepsilon + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (8)$$

где ε – то же, что и в формуле (5).

Re – то же, что и в формуле (7).

– зона квадратичного трения: $Re > Re_2$, коэффициент гидравлического сопротивления вычисляется согласно формуле Шифринсона (9):

$$\lambda = 0,11 \cdot \varepsilon^{0,25}, \quad (9)$$

где ε – то же, что и в формуле (5).

Согласно расчетам режим течения в нашей трубе находится в зоне смешанного трения, так как $51020 < 67068 < 2551020$. Для вычисления коэффициента гидравлического сопротивления пользуемся формулой Альтшуля (8):

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(1,96 \cdot 10^{-4} + \frac{68}{67068} \right)^{0,25} = 0,021.$$

Определим потери напора на трение. Воспользуемся формулой Дарси-Вейсбаха (10):

$$\Delta h = \lambda \cdot \frac{L \cdot v_{cp}^2}{d \cdot 2 \cdot g} \quad (10)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления, ед;

L – длина трубопровода, м;

v_{cp} – то же, что и в формуле (3);

d – то же, что и в формуле (2);

g – ускорение свободного падения, м/с².

Подставим значения в формулу (10):

$$\Delta h = 0,021 \cdot \frac{1650 \cdot 2,88^2}{0,102 \cdot 2 \cdot 9,81} = 14,36 \text{ м.}$$

Для того, чтобы определить потери давления воспользуемся формулой (11):

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h, \quad (11)$$

где ρ – плотность нефтяной эмульсии при 20°C, кг/м³;

g – то же, что и в формуле (10);

Δh – потери напора на трения по длине, м.

Согласно формуле (11) произведем расчет потерь давления:

$$\Delta p_{Cm} = 808,6 \cdot 9,81 \cdot 14,36 = 113908,776 \text{ Па} \approx 0,11 \text{ МПа}$$

11.2 Расчет трубопровода из ПАТ

Расчет трубопровода из ПАТ аналогичен расчету трубопровода из стали. Так как исходные данные не изменяются, неизменными остаются следующие величины: секундный расход флюида, средняя скорость течения флюида и число Рейнольдса.

Так же при расчете необходимо учесть, что шероховатость полимерно-армированных трубопроводов на 30 % меньше, чем у стальных, поэтому принимаем $\varepsilon = 1,37 \cdot 10^{-4}$.

Изменения в расчете происходят с расчета переходных чисел Рейнольдса, формулы (4) и (5):

$$Re_1 = \frac{10}{1,37 \cdot 10^{-4}} = 72993;$$

$$Re_2 = \frac{500}{1,37 \cdot 10^{-4}} = 3649635.$$

Согласно расчетам режим течения в трубе из ПАТ находится в зоне гидравлически гладких труб, так как $2320 < 67068 < 72993$.

Для вычисления коэффициента гидравлического сопротивления пользуемся формулой Блазиуса (7):

$$\lambda = \frac{0,3164}{67068^{0,25}} = 0,019.$$

Определим потери напора на трение по формуле (10):

$$\Delta h = 0,019 \cdot \frac{1650 \cdot 2,88}{0,102 \cdot 2 \cdot 9,81} = 12,99 \text{ м.}$$

Вычислим потери давления по формуле (11):

$$\Delta p_{ПАТ} = 808,6 \cdot 9,81 \cdot 12,99 = 103041,434 \text{ Па} \approx 0,1 \text{ МПа}.$$

Рассчитаем в процентах сокращение потерь на трение при использовании ПАТ по формуле (12):

$$\frac{\Delta p_{Ст} - \Delta p_{ПАТ}}{\Delta p_{Ст}} \cdot 100\%, \quad (12)$$

где $\Delta p_{Ст}$ – потери давления в стальном трубопроводе, МПа;

$\Delta p_{ПАТ}$ – потери давления в трубопроводе из ПАТ, МПа.

Подставляем значения в формулу (12) и получаем:

$$\frac{0,11 - 0,10}{0,11} \cdot 100\% = 9,09\%$$

Таким образом, снижение потерь давления на трение по длине составило 9,09%.

Согласно расчетам, можно заключить вывод о целесообразности применения ПАТ для сооружения промышленных трубопроводов с технической точки зрения в связи с тем, что происходит снижение потерь давления на трение по длине.

12 Экономическая часть

Для определения целесообразности сооружения промышленного трубопровода из ПАТ сравним затраты на сооружение и обслуживание стального трубопровода и трубопровода из ПАТ на участке Юрубчено-Тохомского месторождения Скв. Юр. 1046 – т. Вр. Скв. Юр. 1046 длиной $L = 1650$ м.

В таблице 5 приведены технические характеристики полимерно-армированных труб и труб из стали:

Таблица 5 – Технические характеристики сравниваемых труб

Показатель	ПАТ	Стальная труба
Наружный диаметр D_n , мм	135	114
Внутренний диаметр D_b , мм	102	102
Длина трубы L , м	200	10
Вес одного метра m , кг	9,2	16
Изготовитель	ООО «Поликорд»	ПАО «ЧТПЗ»

Для того, чтобы экономически обосновать выбор ПАТ или стали для сооружения промышленного трубопровода необходимо сравнить единовременные и эксплуатационные затраты.

Единовременные затраты включают в себя:

- приобретение труб и расходных материалов;
- их транспортировка к месту проведения работ;
- подготовительные работы и монтаж труб.

Эксплуатационные затраты состоят из:

- амортизационных отчислений;
- затрат, связанных с обеспечением заработной платы рабочим и выплаты страховых взносов.

12.1 Расчет затрат на сооружение стального нефтепровода

12.1.1 Единовременные затраты

Единовременные затраты на строительство промышленного трубопровода связаны с приобретением труб, производством подготовительных работ, отрыва траншеи и проведением строительно-монтажных работ.

Сведем все единовременные затраты в таблицу 6.

Таблица 6 – Единовременные затраты на сооружение промышленного трубопровода из стальных труб

п/п	Вид работ или затрат	Цена с НДС, руб	Количество	Стоимость с НДС, тыс. руб	Источник цен
1	Приобретение труб и расходного материала				
1.1	Комплект труб «Труба нефтегазовая – ТУ 14-159-1128-2008»	1878	1650 м	3099,0	[16]
1.2	Электроды для сварки ESAB УОНИИ 13/45	727	43 уп	31,3	[17]
1.3	Битумно-полимерная лента БИЛАР	140	1870 кг	261,8	[18]
Итого				3392,1	х
2	Подготовительные работы				
2.1	Подготовка территории	1500	4500 м ³	6750,0	[19]
Итого				6750,0	х

Продолжение таблицы 6

п/п	Вид работ или затрат	Цена с НДС, руб	Количество	Стоимость с НДС, тыс. руб	Источник цен
3	Земляные работы				
3.1	Разработка грунта механизированным способом	200	1900 м ³	380,0	[19]
3.2	Вывоз грунта	180	1900	342,0	[19]
Итого				722,0	х
4	Монтаж трубопровода				
4.1	Сварочно-монтажные работы	1823	100	182,3	[20]
4.2	Изоляционные работы	75,57	1650	124,7	[21]
4.3	Сооружение электрохимической защиты	59000	2	118,0	[22]
Итого				424,0	х
5	Заключительные работы				
5.1	Контроль сварных соединений	1500	10 стыков	15	[23]
5.2	Гидравлические испытания	9781,9	1 уч.	9,8	[24]
5.3	Засыпка траншеи	150	1900	285	[19]
Итого				309,8	х
6	Транспортировка				

Окончание таблицы 6

п/п	Вид работ или затрат	Цена с НДС, руб	Количество	Стоимость с НДС, тыс. руб	Источник цен
6.1	Доставка труб с завода-изготовителя	31250	26,4 т	825	[25]
Итого				12422,9	х

Таким образом единовременные затраты на сооружение промышленного трубопровода из стали составили 12,4 млн. руб.

12.1.2 Эксплуатационные затраты

В эксплуатационные затраты включаются:

- обслуживание промышленного трубопровода;
- оплата труда работников;
- страховые взносы;
- амортизационные отчисления.

Амортизация – денежный эквивалент износа. Она начисляется каждый месяц с месяца следующим за месяцем постановки собственности на учет и прекращает начисляться с месяца следующим за месяцем выбытия.

Амортизационные отчисления производятся только для основных фондов стоимость которых превышает 40000 рублей, т.е в нашем случае амортизационные отчисления будут производиться для труб и антикоррозионной ленты.

Для расчета амортизационных отчислений необходимо знать срок службы оборудования, его первоначальную стоимость и определить метод начисления амортизации.

Амортизационные отчисления будем рассчитывать с использованием линейного метода.

Так как по нашему трубопроводу перекачиваемым продуктом является флюид (смесь сырой нефти, попутного газа, солей, минеральных примесей и воды), который в большой степени снижает срок службы трубопровода, примем срок службы равным 15 лет.

Амортизация линейный методом рассчитывается по формуле (13)

$$\Sigma_{Am}^{год} = \frac{H_a \cdot C}{100}, \quad (13)$$

где H_a – годовая норма амортизации, %;

C – первоначальная стоимость оборудования без НДС, тыс. руб.

Годовая норма амортизации рассчитывается по формуле (14):

$$H_a = \frac{100}{t}, \quad (14)$$

где t – срок службы оборудования, год.

По формуле (14) получаем:

$$H_a = \frac{100}{15} = 6,67\% .$$

Вычислим годовую сумму амортизации по формуле (13):

$$\Sigma_{Am}^{год} = \frac{6,67 \cdot \frac{3360,8}{1,2}}{100} = 186,8 \text{ тыс.руб.}$$

Определим фонд оплаты труда в год на обслуживание трубопровода учитывая районный коэффициент равный 1,7, а также северную надбавку равную 70%, в связи с тем, что Юрубчено-Тохомское месторождение находится в районе Крайнего Севера Красноярского края.

Для обслуживания данного трубопровода необходим следующий производственный персонал:

– трубопроводчик линейный (не ниже 4 разряда), осуществляющий контроль за параметрами трубопровода и ежедневные осмотры. Так как работа производится вахтовым методом необходимое количество равно 4;

– сварщик, который производит работы по ремонту нефтепровода, а также сварку дополнительных элементов (например, тройников или запорной арматуры). Так как работа производится вахтовым методом необходимое количество равно 2;

– слесарь-ремонтник, который производит ремонт и обслуживание арматуры. Так как работа производится вахтовым методом необходимое количество равно 4;

– водитель, перевозящий персонал к месту проведения работ. Так как работа производится вахтовым методом необходимое количество равно 4;

– мастер, руководящий работами по ремонту и обслуживания трубопровода. Так как работа производится вахтовым методом необходимое количество равно 2.

Результаты расчета фонда оплаты труда представлены в таблице 7.

Произведем расчет страховых взносов за год, которые составляют 30% от заработной платы по формуле (15):

$$CB = ФОТ \cdot 0,3 \quad (15)$$

где $ФОТ$ – годовой фонд оплаты труда, руб.

По формуле (15) получаем:

$$CB = 19975104 \cdot 0,3 = 5992531 \text{ руб} = 5992,5 \text{ тыс.руб.}$$

Таблица 7 – Расчет затрат на оплату труда

Должность	Кол-во	Оклад, руб	Надбавка районного коэффициента, руб	Северная надбавка, руб	Итого за месяц, руб	Месячный фонд оплаты труда, руб
Трубопроводчик линейный [26]	4	39000	27300	27300	93600	374400
Сварщик[27]	2	50000	35000	35000	120000	240000
Слесарь- ремонтник[28]	4	29395	20577	20577	70548	282192
Водитель[29]	4	50000	35000	35000	120000	480000
Мастер[30]	2	60000	42000	42000	144000	288000
Итого за месяц, руб						1664592
Итого за год, руб						19975104

Таким образом годовые текущие затраты рассчитываются по формуле (16):

$$З = \sum_{Am}^{zod} + ФОТ + СВ \quad (16)$$

Подставим числа в формулу () и получим:

$$З = 186,8 + 19975,1 + 5992,5 = 26154,4 \text{ тыс.руб.}$$

12.2 Расчет затрат на сооружение трубопровода из ПАТ

12.2.1 Единовременные затраты

Расчет единовременных затрат на строительство трубопровода из ПАТ будет аналогичен расчету затрат на строительство стального трубопровода.

При расчете единовременных затрат для трубопровода из ПАТ необходимо учитывать:

- уменьшение затрат на транспортировку из-за уменьшения веса трубы на единицу длины на 57,5%;
- увеличение срока службы трубопровода с 15 до 25 лет;
- отсутствие сварочных работ, в связи с тем, что монтаж ГПМТ «Поликорд-флекс» осуществляется за счет концевых соединений;
- отсутствие изоляции, изоляционных работ и антикоррозионной защиты;
- отсутствие контроля сварных соединений, в связи с тем, что монтаж ГПМТ «Поликорд-флекс» осуществляется за счет концевых соединений.

Произведем расчет затрат с учетом этих изменений, результаты представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Единовременные затраты на сооружение промышленного трубопровода из ПАТ

п/п	Вид работ или затрат	Цена с НДС, руб	Количество	Стоимость с НДС, тыс. руб	Источник цен
1	Приобретение труб и расходного материала				
1.1	Комплект ГПМТ «Поликорд-флекс»	1940	1650 м	3201,0	[31]
Итого				3201,0	х

Окончание таблицы 8

п/п	Вид работ или затрат	Цена с НДС, руб	Количество	Стоимость с НДС, тыс. руб	Источник цен
2	Подготовительные работы				
2.1	Подготовка территории	1500	4500 м ³	6750,0	[19]
Итого				6750,0	х
3	Земляные работы				
3.1	Разработка грунта механизированным способом	200	1900 м ³	380,0	[19]
3.2	Вывоз грунта	180	1900	342,0	[19]
Итого				722,0	х
4	Монтаж трубопровода				
4.1	Монтаж трубопровода	150	1650	247,5	[32]
Итого				247,5	х
5	Заключительные работы				
5.2	Гидравлические испытания	9781,9	1 уч.	9,8	[24]
5.3	Засыпка траншеи	150	1900	285	[19]
Итого				294,8	х
6	Транспортировка				
6.1	Доставка труб с завода-изготовителя	31250	15,2 т	475	[25]
Итого				11690,3	х

Согласно расчету единовременные затраты на сооружение промышленного трубопровода из ГПМТ «Поликорд-флекс» составили 11,7 млн. руб, что на 700 тыс. руб меньше чем при строительстве трубопровода из стали.

12.2.2 Эксплуатационные затраты

Определим годовую норму амортизации по формуле (14):

$$H_a = \frac{100}{25} = 4\%$$

Вычислим годовую сумму амортизации по формуле (13):

$$\Sigma_{Am}^{год} = \frac{4 \cdot \frac{3201}{1,2}}{100} = 106,7 \text{ тыс.руб.}$$

Для расчета фонда оплаты труда в год на обслуживание трубопровода из ПАТ необходимо учесть следующее:

– при применении ГПМТ «Поликорд-флекс» отсутствуют сварочные работы, в связи с чем отсутствует необходимость в сварщиках;

– требуется меньшее количество слесарей-ремонтников так как сокращается количество ремонтов трубопровода и запорной арматуры из-за отсутствия коррозионных процессов, поэтому принимаем их количество равным 2.

Общий фонд оплаты труда представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет затрат на оплату труда

Должность	Кол-во	Оклад, руб	Надбавка районного коэффициента, руб	Северная надбавка, руб	Итого за месяц, руб	Месячный фонд оплаты труда, руб
Трубопроводчик линейный [26]	4	39000	27300	27300	93600	374400
Слесарь- ремонтник[28]	2	29395	20577	20577	70548	141096
Водитель[29]	4	50000	35000	35000	120000	480000
Мастер[30]	2	60000	42000	42000	144000	288000
Итого за месяц, руб						1283496
Итого за год, руб						15401952

Проведя сравнительный анализ таблиц 7 и 9 заключаем вывод, о том, что на обслуживание трубопровода из ГПМТ «Поликорд-флекс» потребуется на 4,5 млн.руб в год меньше, чем на облуживание стального трубопровода, из-за уменьшения числа рабочего персонала.

По формуле (15) вычислим сумму страховых взносов в год:

$$CB = 15401952 \cdot 0,3 = 4620586 \text{ руб} = 4620,6 \text{ тыс.руб.}$$

Вычислим годовые текущие затраты по формуле (16):

$$З = 106,7 + 15402,0 + 4620,6 = 20129,3 \text{ тыс.руб}$$

12.3 Сравнительный анализ единовременных и эксплуатационных затрат на сооружение и обслуживание стального трубопровода и из ПАТ

В таблице 10 представлено сравнение показателей единовременных и эксплуатационных затрат на сооружение и обслуживание трубопровода из ПАТ и стального трубопровода

Таблица 10 – Единовременные и эксплуатационные затраты трубопроводов из стали и из ГПМТ «Поликорд-флекс» в тыс. руб

Вид затрат	Наименование затрат	Стальной трубопровод	Трубопровод из ГПМТ «Поликорд-флекс»	Разница в затратах
Единовременные затраты	Приобретение труб и расходного материала	3392,1	3201,0	191,1
	Подготовительные работы	6750,0	6750,0	0,0
	Земляные работы	722,0	722,0	0,0
	Монтаж трубопровода	424,0	247,5	176,5
	Заключительные работы	309,8	294,8	15,0
	Транспортировка	825,0	475,0	350,0
х	Итого	12422,9	11690,3	732,6
Эксплуатационные затраты	Амортизационные отчисления	186,8	106,7	80,1
	Фонд оплаты труда	19975,1	15402,0	4573,1
	Страховые взносы	5992,5	4620,6	1371,9
	Итого	26154,4	20129,3	6025,1

На основании данных в таблице 10 построим гистограмму (рисунок 14), где графически отобразим единовременные и эксплуатационные затраты необходимые для сооружения трубопровода для обоих вариантов.

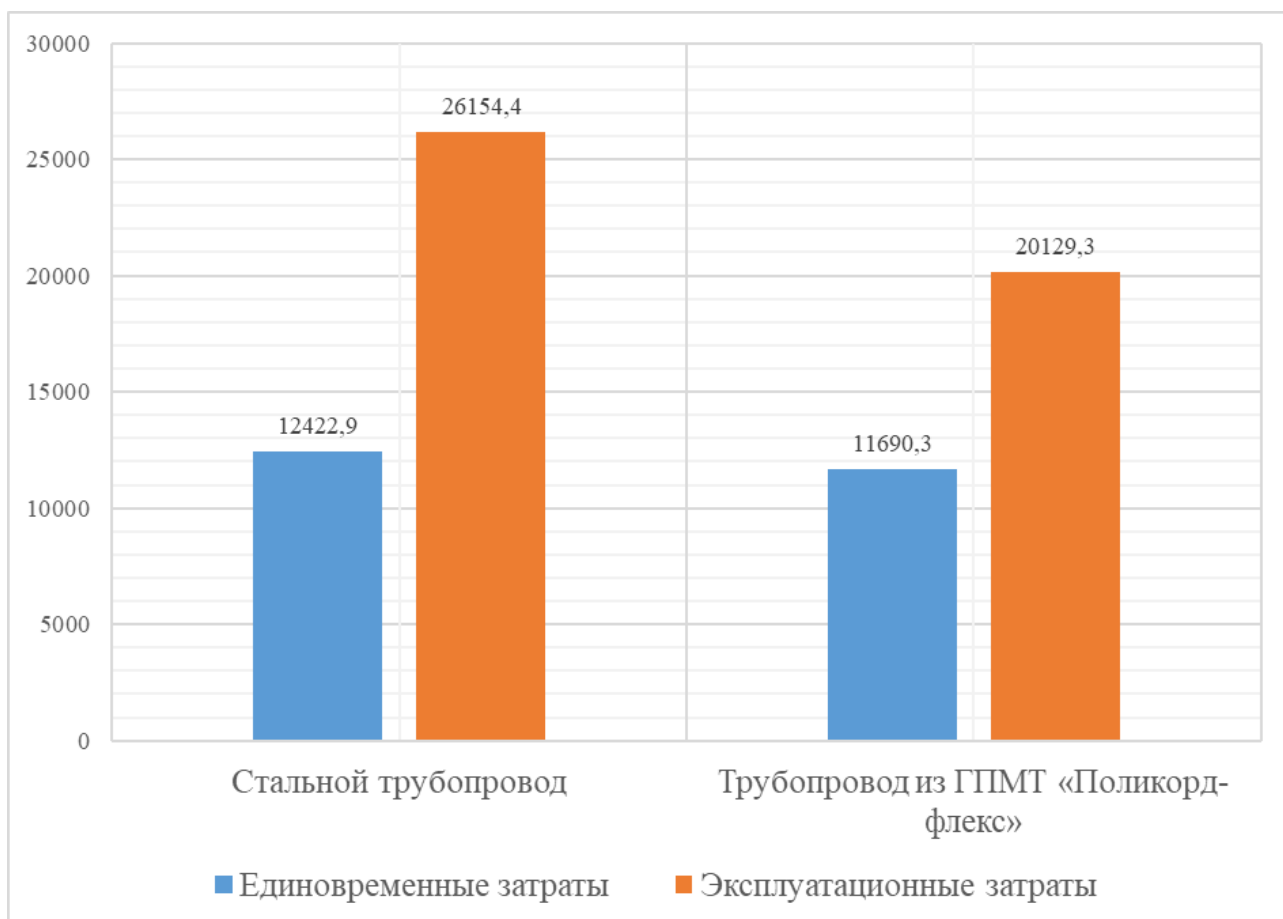


Рисунок 14 – Гистограмма распределения единовременных и эксплуатационных затрат

Таким образом, делаем вывод, что сооружение и обслуживание трубопровода из ГПМТ «Поликорд-флекс» более экономично по сравнению со стальным трубопроводом.

При использовании ГПМТ «Поликорд-флекс» происходит снижение единовременных затрат на 700 тыс. руб.

Снижение эксплуатационных затрат составляет 4,5 млн. руб.

Большая закупочная цена ГПМТ «Поликорд-флекс» компенсируется отсутствием изоляции, изоляционных и сварочных работ, а также отсутствием мероприятий по организации электрохимической антикоррозионной защиты.

13 Безопасность и экологичность

В настоящее время большое внимание уделяется соблюдению безопасности при производстве работ на объектах нефтегазового комплекса. Это связано с тем, что большинство производимых работ связаны с большими рисками при взаимодействии с легковоспламеняющимися горючими веществами (сырая нефть, бензин, керосин и т.п). Поэтому существуют нормы и правила, которые необходимо строго выполнять, так как согласно статистике большинство аварий, травм и несчастных случаев на производстве происходит по вине человека, т.е. из-за нарушения правил техники безопасности и низкой трудовой и производственной дисциплины.

Безопасность производства тесно связана с сохранностью окружающей среды, так как именно различные инциденты и аварии приводят к образованию выбросов и разливов нефтепродуктов в атмосферу, почву и гидросферу, оказывая негативное влияние на окружающую среду.

13.1 Анализ потенциальных опасных и вредных производственных факторов при проведении работ

Строительство подземных промысловых трубопроводов из ПАТ происходит открытым способом по аналогичной технологии строительства стальных трубопроводов и состоит из следующих этапов:

- подготовительные работы;
- земляные работы;
- сварка и контроль качества сварных соединений;
- укладка трубопровода в траншею;
- очистка полости трубы и проведение испытаний;
- зарыв траншеи и проведение рекультивационных работ.

На каждом этапе строительства на рабочих возможно воздействие различных опасных и вредных производственных факторов. В таблице 11 представлен анализ возможных опасных и вредных производственных факторов, воздействующих на рабочих [33].

Таблица 11 – Анализ опасных и вредных производственных факторов на объекте строительства промышленного трубопровода из ПАТ

Тип фактора	Возможная реализация фактора
Физический	Падение с высоты рабочего или объекта на рабочего; отсутствие или недостаток естественного или искусственного (в темное время) освещения; воздействие электрического тока; воздействие высокой температуры поверхностей нагретых тел
Химический	Воздействие токсических, раздражающих, сенсибилизирующих веществ в различном агрегатном состоянии (ацетилен, аргон, ароматические углеводороды и т.д)
Психофизиологических	Физические и нервно-психические перегрузки
Биологический	Укусы насекомых (клещи, комары, пауки), а так же животных (змеи)

По виду экономической деятельности установлен VIII класс профессионального риска, характеризующий уровень производственного травматизма, профзаболеваемости и расходов по обеспечению по обязательному социальному страхованию. Страховые тарифы на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний составляют 0,9 % [34].

В процессе монтажа трубопровода из ГПМТ «Поликорд-флекс» могут произойти следующие аварийные ситуации:

- обвал стенок траншеи;
- обрыв строповочных канатов или полотенец;
- попадание молнии в металлические сооружения;
- разрыв трубопровода во время гидравлических испытаний.

13.2 Инженерные и организационные решения по обеспечению безопасности работ

Местом проведения работ является Юрубчено-Тохомское месторождение, расположенное в 280 км к юго-западу от поселка Тура в Эвенкийском районе Красноярского края. Данная территория расположена в IV климатическом регионе, где средняя температура зимних месяцев достигает $-41\text{ }^{\circ}\text{C}$, а средняя скорость ветра 1,3 м/с.

Климат резко-континентальный с длинной холодной зимой и коротким нежарким летом. Количество осадков, выпадающих в виде снега и дождя, составляет до 400 мм в год, среднегодовая температура составляет $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Наиболее теплый месяц – июль, со средней температурой $17\text{ }^{\circ}\text{C}$, а максимальное значение может достигать до $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, среднегодовая влажность воздуха от 70 % [35].

Оборудование и строительная техника располагаются на специальных площадках или в отапливаемых помещениях.

Работы по строительству промышленного трубопровода будут производиться открытым способом, в дневное время суток, при естественном освещении при температуре не ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Так как месторождение находится на территории Крайнего Севера, с преобладанием низких зимних температур, создаются места для обогрева работников, а также предусмотрены и перерывы в рабочем времени для обогрева. Данные помещения оборудованы центральной системой отопления и системой вентиляции для контроля параметров воздуха.

Работы, производимые на объекте, относятся к IV классу опасности по данным о токсической опасности [36].

13.3 Санитарные требования к помещению и размещению используемого оборудования

Трубопровод из ГПМТ «Поликорд-флекс» будет прокладываться на участке «Скв. Юр. 1046 – т. Вр. Скв. Юр. 1046» длиной $L=1650$ м, внешним диаметром $D=0,135$ м при рабочем давлении 4 МПа и имеет II класс опасности [3].

Передвижные инвентарные осветительные установки располагают на строительной площадке в местах производства работ и в зоне транспортных путей.

Строительная площадка ограждена, освобождена от растительности, мусора, распланирована в соответствии с планом работ.

Производство строительного-монтажных работ на территории строящегося объекта осуществляется при выполнении следующих мероприятий:

- установление границы территории, выделяемой для производства;
- проведение необходимых подготовительных работ на выделенной территории.

Прокладка трубопровода производится на участке общей площадью отвода под монтажные и погрузочно-разгрузочные работы, а так же под бытовые помещения и дороги $S=3125$ м². Для проезда строительной техники через монтируемый трубопровод, а также через подземные коммуникации обустроены дороги с насыпью грунта и укладкой специальных дорожных плит.

Транспортировка через сложные участки местности (болота, обводненные участки) происходит с использованием следующих конструкций технологических переездов:

- со сборно-разборным покрытием;
- насыпные;
- грунтовые без покрытия.

Все производимые работы производятся на открытых площадках при естественном освещении. При недостаточном освещении используются электрические типовые стационарные и передвижные инвентарные осветительные установки, дающие освещенность не менее 10 лк [37].

При осуществлении работ в местах повышенного шума и общей вибрации свыше 50 дБ, используются противошумные наушники.

Все рабочие оснащаются индивидуальным комплектом защиты, в который входят:

- костюм защитный из негорючих тканей и материалов;
- сапоги кожаные с металлической пластиной;
- перчатки каучуковые;
- защитная каска;
- защитные пластмассовые очки;
- респиратор [38].

В зависимости от типа технологических операций рабочие оснащаются дополнительными защитными комплектами, соответствующими государственным санитарно-гигиеническим нормам и правилам.

В связи с тем, что строительные работы производятся вблизи проживания рабочих, устанавливается следующий состав санитарно-бытовых помещений на объекте производства работ:

- место для обогрева рабочих;
- место для курения;
- санитарные узлы;

Все санитарно-бытовые помещения располагаются в зданиях передвижного типа, в удалении от погрузочно-разгрузочных устройств, места производства работ на расстояние не менее 50 м, вблизи входов на строительную площадку.

13.4 Обеспечение безопасности технологического процесса

Для обеспечения непрерывного производства работ, устанавливаются электрогенераторы для работы осветительных приборов. В качестве топлива используется дизельное топливо, постоянный контакт с которым оказывает негативное влияние на организм человека.

Насыщенные пары дизельного топлива вызывают тошноту, позывы к рвоте, головные боли даже при небольшой длительности контакта человека. В жидком виде нефтепродукт при длительном и регулярном контакте с кожей вызывает появление различных кожных заболеваний, болей и отеков, особенно если присутствует высокое содержание серы.

Так же большое влияние на организм человека оказывают и отработавшие газы, которые образуются при сгорании топлива. К ним относятся:

- угарный газ;
- оксиды азота.

Угарный газ вытесняет кислород из крови, что приводит к кислородному голоданию организма. Даже при малых концентрациях монооксида углерода в воздухе (до 0,01 %) при длительном его воздействии он вызывает головную боль и значительное снижение трудоспособности. Более высокая концентрация приводит к развитию атеросклероза (накопление холестерина в на стенках сердечных артерий) и хронических заболеваний.

Оксиды азота оказывают непосредственное влияние на слизистые оболочки глаз и носа, сердечно-сосудистую и нервную системы человека, а также костный мозг и печень вызывая многочисленные хронические заболевания.

Поэтому определяются предельно допустимые концентрации этих веществ в воздухе рабочей зоны:

- оксиды азота – 5 мг/м³, 3 класс опасности;

- угарный газ – 20 мг/м³, 4 класс опасности;
- пары дизельного топлива – 300 мг/м³, 4 класс опасности [39].

Перед и во время проведения работ необходимо использовать газоанализатор, при превышении норм предельно допустимой концентрации опасных веществ производить работы запрещается.

Для питания осветительных приборов используется рабочее напряжение сети в 200 В с постоянным током.

Заземление при использовании ГПМТ не применяется в связи с тем, что полимерная оболочка трубопровода не проводит электрический ток. Заземление осуществляется для металлических конструкций с помощью стержневого проводника диаметром 10...12 мм и длиной 1,5...2,5 м, с погружением под землю на глубину от 1,2 до 2,2 м.

Для защиты лицевой части от твердых частиц, пыли, брызг рабочие оснащаются специальными защитными очками.

Контролирование правильности выдачи, хранения и использования средств индивидуальной защиты осуществляется инженерами по охране труда и руководителями работников

13.5 Обеспечение взрывопожарной и пожарной безопасности

Опасными взрывопожарными факторами являются: высокая температура окружающей среды и низкая влажность, открытое пламя и искры, легковоспламеняющиеся вещества, несоблюдение рабочими правил техники пожарной безопасности.

К возможным причинам возникновения пожара при выполнении работ относятся:

- возгорание легковоспламеняющихся веществ;
- возгорание из-за появления искры;
- короткое замыкание в электропроводке;

– человеческий фактор.

Для работы осветительных приборов, используется электрогенератор, работающий на дизельном топливе, поэтому категория производства по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории «Г», характеризующаяся наличием горючих газов, жидкостей или твердых веществ, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива [40].

Используемый электродвигатель имеет 1 уровень взрывозащищенности, где взрывозащищенность обеспечивается как при нормальных режимах работы, так и при вероятных повреждениях, зависящих от условий эксплуатации, кроме повреждений средств, обеспечивающих взрывозащищенность.

С целью обеспечения пожарной безопасности установлен перечень первичных средств пожаротушения:

- покрывала для изоляции очага возгорания;
- пожарный инвентарь (ломы, комплекты для резки электропроводов, ящики для песка);
- навесные пожарные шкафы в складских помещениях;
- бочки для хранения воды, объемом не менее 0,2 м³, укомплектованные ведрами;
- огнетушители переносные пенные.

Для предупреждения возможности возникновения пожара на строительной площадке необходимо ограничивать количество хранящихся горючих материалов, своевременно собирать и вывозить с площадки строительный мусор.

13.6 Обеспечение безопасности в аварийных и чрезвычайных ситуациях

В результате анализа вредных и опасных производственных факторов возможны следующие ситуации:

- нанесение вреда здоровью рабочему;
- розлив нефти, в случаях, когда гидравлические испытания производятся нефтью;
- причинение материального ущерба рабочей технике.

На всех этапах выполнения работ по строительству трубопровода, заказчик совместно с подрядчиком должны организовать входной контроль конструкций, изделий, материалов, оборудования и технических устройств, а также контроль качества выполнения работ и всех технологических операций. Результаты входного контроля должны заноситься в журнал с оформлением акта проверки.

Участок «Скв. Юр. 1046 – т. Вр. Скв. Юр. 1046» предназначен для транспортирования нефтегазоводяной эмульсии со скважины №27 в общий сборный коллектор. Объект находится на Юрубчено-Тохомском месторождении.

Численность рабочих в смену – 4 (водитель, два трубопроводчика, мастер), общая численность рабочих – 8 (две смены по 4 человека).

Данный объект принадлежит к 1 категории по гражданской обороне [41].

На территории производства работ из-за сложных гидрогеологических условий предусмотрено отдельно стоящее заглубленное убежище, защищающее от действия воздушной ударной волны, отравляющих веществ и проникающей радиации.

В случаях чрезвычайных ситуаций все сотрудники снабжены индивидуальными и медицинскими средствами защиты.

На территории производства работ имеется запас горюче-смазочных материалов для обслуживания машин, работы места для обогрева персонала и работы электрогенераторов, который может стать вторичным фактором поражения при природных или техногенных чрезвычайных ситуаций, а также при военном положении.

На объекте предусмотрены 2 электрогенератора, радиостанция для связи

с цехом и административно-бытовым корпусом. Отсутствуют сети водо-, газо- и теплоснабжения

В случае возникновения аварийной ситуации необходимо немедленно вывести людей из зоны производства работ, в дальнейшем действовать в соответствии с планом ликвидации аварий.

13.7 Экологичность проекта

При прокладке трубопровода подземным способом происходит непосредственное влияние на атмосферу и почвенный покров земли. Источниками загрязнения являются:

- отработанные газы машин, участвующих в процессе строительства;
- вырубка леса, мелких кустарников, выкорчевывание пней при подготовке площадки строительства;
- разрушение почвенного покрова земли при разработке траншеи для укладки трубопровода;
- появление строительного мусора в процессе строительства.

Для выполнения норм и требований по охране окружающей среды необходимо:

- организовать вывоз отходов и строительного мусора к специально организованным и подготовленным для этого местам;
- использовать скреперные установки для послойного снятия почвенного покрова и впоследствии для рекультивации земель;
- уменьшить время холостой работы машин, для уменьшения расхода топлива и количества выхлопных газов;
- предусмотреть устройство переездов через действующие коммуникации из железобетонных дорожных плит по насыпи из минерального грунта для избежание повреждения трубопровода в зоне производства строительномонтажных работ [42].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что главной альтернативой стальным трубопроводам являются трубопроводы из композитных материалов, в частности полимерно-армированные трубопроводы. Они полностью удовлетворяют как техническим (механическим и физико-химическим) требованиям, так и экономическим: затраты на их строительство и обслуживание в процессе эксплуатации в значительной мере меньше, чем у стальных, в следствии их меньшего веса и отсутствия нужды в коррозионной защите.

Проблемы технического и технологического характера в производстве ПАТ на сегодняшний день практически решены. Основными проблемами, связанными с широким применением ПАТ для сооружения трубопроводов, являются:

- неготовность организаций к их использованию, в виду того, что на данный момент существующие технологии, нормы и правила проектирования, строительства, эксплуатации, диагностики и ремонта трубопроводов направлены на стальные трубопроводы;

- отсутствие нормативно-технической документации, устанавливающей правила, общие принципы и характеристики использования трубопроводов из ПАТ.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ПАТ – полимерно-армированная труба
ПЭВП – полиэтилен высокой прочности
КНС – кустовая насосная станция
ПНД – полиэтилен низкого давления
ПВД – полиэтилен высокого давления
ПП – полипропилен
ПВХ – поливинилхлорид
ПЭ – полиэтилен
МПТ – металлопластиковая труба
ГПМТ – гибкая полимерно-металлическая труба

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ Р 58367 – 2019 Обустройство месторождений нефти на суше. Технологическое проектирование. – Введ. 15.04.2019. – Москва : Стандартиформ, 2019. – 124 с.

2 СП 284.1325800.2016 Трубопроводы промышленные для нефти и газа. Правила проектирования и производства работ. – Введ. 17.06.2017. – Москва : Стандартиформ, 2017. – 208 с.

3 ГОСТ Р 55990 – 2014 Месторождения нефтяные и газонефтяные. Промысловые трубопроводы. Нормы проектирования. – Введ. 01.12.2014. – Москва : Стандартиформ, 2015. – 94 с.

4 Транспорт скважинной продукции: учебное пособие / Н.В. Чухарева, А.В. Рудаченко, А.Ф. Бархатов, Д.В. Федин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 354 с.

5 СП 392.1325800.2018 Трубопроводы магистральные и промышленные для нефти и газа. Исполнительная документация при строительстве. Формы и требования к ведению и оформлению. – Введ. 07.02.2019. – 153 с.

6 СП 393.1325800.2018 Трубопроводы магистральные и промышленные для нефти и газа. Организация строительного производства. – Введ. 22.02.2019. – 46 с.

7 СП 406.1325800.2018 Трубопроводы магистральные и промышленные стальные для нефти и газа. Монтажные работы. Сварка и контроль ее выполнения. – Введ. 20.03.2019. – 36 с.

8 Промысловые трубопроводы и оборудование : учеб. пособие для вузов / , Ф. М. Мустафин, [и др.]. – Москва : ОАО «Издательство “Недра”», 2004. – 662 с.

9 Ромейко, В. С. Эффективность производства и применения неметаллических труб в строительстве / В. С. Ромейко, В. М. Володин. – Москва : Стройиздат, 1980. – 135 с.

10 Скуговорова, Л. П. Материалы для сооружения газонефтепроводов и хранилищ : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» / Л. П. Скуговорова. – Москва : Нефть и газ, 1996. – 344 с.

11 Агапчев, В. И. Проектирование, строительство и эксплуатация трубопроводов из полимерных материалов : учеб. пособие / В. И. Агапчев, Д. А. Виноградов, В. А. Мартяшева. – Уфа : Издательство УГНТУ, 2002. – 74 с.

12 Технические условия ГПМТ [Электронный ресурс]: сайт компании «Поликорд-флекс», содержит сведения о технических характеристиках, производимых ГПМ. – Режим доступа: <https://polikord.com/page/67>

13 Технология изготовления полимерных труб и соединительных деталей [Электронный ресурс]: сайт компании «СанТехСервис». Режим доступа: <https://www.strservis.ru/article/tehnologiya-izgotovleniya-polimernyh-trub.php>

14 Технологии утилизации полимерных композиционных материалов [Электронный ресурс]: электронный научный журнал «Труды ВИАМ». Режим доступа: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=853

15 ГОСТ 550 – 2020 Трубы стальные бесшовные для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Технические условия. Взамен ГОСТ 550-75; – введ. – 01.04.2021. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 24 с.

16 Складской комплекс ЧТПЗ [Электронный ресурс]: сайт ЧТПЗ, содержит сведения о стоимости труб. Режим доступа: <https://market.chelpipe.ru/>

17 Сайт компании «220 Вольт» [Электронный ресурс]: содержит сведения о стоимости электродов ESAB УОНИИ 13/45. Режим доступа: <https://krasnoyarsk.220-volt.ru/>

18 Сайт компании «Строительные технологии Сибири» [Электронный ресурс]: содержит сведения о стоимости битумной полимерной ленты БИТЕП-ГАЗ. Режим доступа: <https://www.sts124.ru/goods/148877036-mastika-bitumno-polimernaya-bitep-gaz>

19 Сайт компании «СпецАвтоСрой» [Электронный ресурс]: содержит сведения о стоимости подготовительных, земляных и заключительных работ. Режим доступа: <https://specautostroy.ru/arenda-tekhniki/zemlyanye-raboty/>

20 Сайт компании «DefStudio» [Электронный ресурс]: содержит сведения о стоимости сварки одиночных труб на трассе в траншее электродами. Режим доступа: https://www.defsmeta.com/rgsn20/gsn_25/giesn-25-03-001-04.php

21 Сайт компании «DefStudio» [Электронный ресурс]: содержит сведения о стоимости противокоррозионной мастичной изоляции вручную трубопроводов. Режим доступа: https://www.defsmeta.com/rgsn20/gsn_25/giesn-25-07-008-04.php

22 Сайт компании «ЭХЗ центр» [Электронный ресурс]: содержит сведения о стоимости станции катодной защиты Лидер-УКЗТ. Режим доступа: <https://krasnoyarsk.ehz.center/stancii-katodnoj-zashchity-skz/>

23 Сайт группы компаний «РАД технология» [Электронный ресурс]: содержит сведения о стоимости работ по контролю качества сварных швов. Режим доступа: <https://ntc-rad.ru/price-list/>

24 Сайт компании «DefStudio» [Электронный ресурс]: содержит сведения о стоимости гидравлических испытаний трубопроводов. Режим доступа: https://www.defsmeta.com/rgsn20/gsn_25/giesn-25-12-013-01.php

25 Калькулятор доставки [Электронный ресурс]: содержит сведения о стоимости доставки труб на месторождения. Режим доступа: <https://calculator-dostavki.ru/>

26 НН [Электронный ресурс]: портал по трудоустройству, система для соискателей и работодателей, содержит сведения о заработной плате трубопроводчика линейного 5 разряда. – Режим доступа: https://spb.hh.ru/vacancy/43386436?utm_source=russia.trud.com&utm_medium=meta&utm_campaign=RU_paid_cpc_applicant_feed_magic%28count%29

27 НН [Электронный ресурс]: портал по трудоустройству, система для соискателей и работодателей, содержит сведения о заработной плате сварщика 5 разряда. – Режим доступа: <https://spb.hh.ru/vacancy/44852678?query=сварщик>

28 НН [Электронный ресурс]: портал по трудоустройству, система для соискателей и работодателей, содержит сведения о заработной плате слесаря-ремонтника 5 разряда. – Режим доступа: <https://spb.hh.ru/vacancy/44241695?query=слесарь%20ремонтник>

29 НН [Электронный ресурс]: портал по трудоустройству, система для соискателей и работодателей, содержит сведения о заработной плате водителя. – Режим доступа: <https://spb.hh.ru/vacancy/44809027?query=водитель>

30 НН [Электронный ресурс]: портал по трудоустройству, система для соискателей и работодателей, содержит сведения о заработной плате мастера цеха. – Режим доступа: <https://spb.hh.ru/vacancy/45105889?query=мастер%20цеха>

31 Сайт компании «Поликорд-флекс» [Электронный ресурс]: содержит сведения о стоимости ГПМТ. Режим доступа: <https://polikord.com/>

32 Сайт компании «Эконом плюс» [Электронный ресурс]: содержит сведения о стоимости прокладки ПАТ. Режим доступа: <https://elkomplus.su/prajs-list/prokladka-truboprovoda-iz-poliehtilenvyih-trub-peh/>

33 ГОСТ 12.0.003 – 2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Взамен ГОСТ 12.0.003-74; – введ. – 01.03.2017. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 9 с.

34 Приказ «Об утверждении “Классификации видов экономической деятельности по классам профессионального риска”» : приказ министерства

труда и социальной защиты Российской Федерации от 30 декабря 2016 г. №851н.

35 Эвенкия (Эвенкийский район) [Электронный ресурс] : база данных содержит сведения о географии регионов стран мира. – Режим доступа: <https://geosfera.org/aziya/russia-aziya/2588-evenkiya-evenkiyskiy-rayon.html>

36 О промышленной безопасности опасных производственных объектов : федер. Закон Российской Федерации от 20 июня. 1997. // АО «Кодекс». – 2020. – 8 дек.

37 ГОСТ 12.1.046 – 2014 Система стандартов безопасности труда. Строительство. Нормы освещения строительных площадок. Взамен ГОСТ ГОСТ 12.1.046-85; – введ. – 01.07.2015. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 19 с.

38 ГОСТ 12.4.011 – 89 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. Взамен ГОСТ 12.4.011-87; – введ. – 01.07.1990. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2001. – 6 с.

39 Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» : постановление главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 г. №2 // Москва. – 2021. – 469 с.

40 СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – Введ. 01.05.2009. – ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 29 с.

41 О порядке отнесения организаций к категориям по гражданской обороне: постановление правительства Российской Федерации от 19 сентября 1998 г. № 1115 // Москва. – 1998. – 29 с.

42 Об охране окружающей среды : федер. Закон Российской Федерации от 10 янв. 2002. // АО «Кодекс». – 2002. – 10 янв.

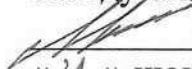
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Кафедра проектирования и эксплуатации газонефтепроводов

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 /А. Н. Сокольников


«24» июня 2021

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

«Применение полимерно-металлических труб для строительства
внутрипромысловых трубопроводов»

Руководитель

 , 11.06.21 канд. техн. наук, доцент

Петров О. Н.

Выпускник

 , 10.06.2021.

Пивцов Е.А.

Красноярск 2021

Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме
«Применение полимерно-металлических труб для строительства
внутрипромысловых трубопроводов»

Консультанты по разделам:

Экономическая часть



И. В. Шадрина

Безопасность жизнедеятельности



Е. В. Мусияченко

Нормоконтролер



О. Н. Петров

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Применение полимерно-металлических труб для строительства промышленных трубопроводов» содержит 91 страницу текстового документа, 42 использованных источников, 6 листов графического материала, 16 формул.

ПРОМЫСЛОВЫЙ НЕФТЕПРОВОД, ПОЛИМЕРНО-АРМИРОВАННАЯ ТРУБА, ГИБКАЯ ПОЛИМЕРНО-МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ ТРУБА, ПОЛИЭТИЛЕН, СТЕКЛОВОЛОКНО, СООРУЖЕНИЯ ПАТ, УТИЛИЗАЦИЯ ПАТ.

Цель ВКР: обосновать техническую и экономическую целесообразность использования полимерно-армирующих труб (ПАТ) в сравнении с бесшовными и электросварными стальными трубами при сооружении промышленных трубопроводов, а также и в их дальнейшей эксплуатации.

Задачи ВКР:

- рассмотреть осложнения, возникающие при работе стальных промышленных трубопроводов;
- провести сравнительный анализ стальных труб и труб из альтернативных материалов;
- рассмотреть технологию изготовления, сооружения и утилизации ПАТ;
- выполнить гидравлический расчет стальных трубопроводов и из ПАТ;
- провести сравнительный анализ затрат на сооружение и обслуживание стального трубопровода и трубопровода из ПАТ.