

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 ООП Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов
 Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
«Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб»

УДК 621.643.2:666.189.2.193.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ01	Стрюк Сергей Олегович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Бурков П.В.	д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Шарф И.В.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Сечин А.А.	к.т.н.		

Консультант-лингвист

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Айкина Т.Ю.	к.ф.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Шадрина А.В.	д.т.н., доцент		

Томск – 2022 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в нефтегазовой области
ОПК(У)-2	Способен осуществлять проектирование объектов нефтегазового производства
ОПК(У)-3	Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии
ОПК(У)-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
ОПК(У)-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в нефтегазовой отрасли и смежных областях
ОПК(У)-6	Способен участвовать в реализации основных и дополнительных профессиональных образовательных программ, используя специальные научные и профессиональные знания
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность разрабатывать методическое обеспечение для первичной и периодической подготовки и аттестации специалистов в области трубопроводного транспорта углеводородов
ПК(У)-2	Способность анализировать и обобщать данные о работе технологического оборудования, осуществлять контроль, техническое сопровождение и управление технологическими процессами в трубопроводном транспорте нефти и газа
ПК(У)-3	Способность оценивать экономическую эффективность инновационных решений в области трубопроводного транспорта углеводородов
ПК(У)-4	Способность обеспечивать безопасную и эффективную эксплуатацию и работу технологического оборудования нефтегазовой отрасли
ПК(У)-5	Способность участвовать в управлении технологическими комплексами, принимать решения в условиях неопределенности

ПК(У)-6	Способность применять полученные знания для разработки и реализации проектов, различных процессов производственной деятельности на основе методики проектирования в нефтегазовой отрасли, а также инструктивно-нормативных документов
ПК(У)-7	Способность применять современные программные комплексы для проектирования технических устройств, аппаратов и механизмов, технологических процессов в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
ООП Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов
Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП ОНД ИШПР

(Подпись) _____ (Дата) Шадрина А.В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ01	Стрюку Сергею Олеговичу

Тема работы:

«Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	08.02.2022 г. №39-42/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
<i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования – водовод низкого давления, выполненный из стекловолоконных труб производства компании Ameron

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов

(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).

Композитные трубы для нефтегазовой отрасли;
Стекло-базальтоволоконные трубы;
Анализ предлагаемых решений от производителей стекловолоконных труб;
Технология производства стекло-базальтоволоконных труб;
Изготовление фасонных изделий из стеклопластика;
Контроль качества стеклопластиковой продукции;
Особенности внедрения стеклопластиковых труб в отрасль;
Виды ремонта стеклопластиковых трубопроводов согласно ГОСТ;
Технология ремонта стеклопластиковых трубопроводов согласно ГОСТ;
Современные методы повышения прочности композитных труб;
3D намотка армирующих преформ;
Объемно-армированные преформы для композитных труб;
Объект исследования. Опыт эксплуатации композитных трубопроводов на месторождениях Томской области;
Характеристика стекловолоконного ВНД;
Аварийный запас труб Centron Ameron;
Утвержденный регламент ремонта ВНД Centron Ameron;
Взаимодействию подразделений при ликвидации аварий;
Постоянный ремонт труб Centron Ameron;
Сооружение нефтесборных трубопроводов из стеклобазальтоволоконных труб;
Определение возможности применения композитных труб;
Построение САД-моделей катушки;
Оценка основных нагрузок, действующих на трубу;
Расчет давления грунта на трубу;
Результаты расчета в Ansys;
Определение прочностных характеристик образцов композитных труб (испытания на растяжение);
Расчет коэффициента запаса прочности;
Расчет сокращения потерь напора на трение;
Разработка метода постоянного ремонта стеклопластикового трубопровода

Перечень графического материала

(с точным указанием обязательных чертежей)

Технологическая схема ВНД «УПН-БКНС»

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Профессор, д.э.н., Шарф Ирина Валерьевна
Социальная ответственность	Доцент, к.т.н., Сечин Андрей Александрович
Composite pipes for field pipelines	Доцент, к.ф.н., Айкина Татьяна Юрьевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Введение	
Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	
Объект исследования. Опыт эксплуатации композитных трубопроводов на месторождениях Томской области	
Сооружение нефтесборных трубопроводов из стеклобазальтоволоконных труб	
Результаты проведенного исследования	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	
Заключение	
Composite pipes for field pipelines	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Бурков Петр Владимирович	д.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ01	Стрюк Сергей Олегович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 128 с., 67 рисунков, 22 таблиц, 40 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: промышленный трубопровод, нефтесборный трубопровод, композитные трубы и фитинги, способы соединения композитных труб, катушка стекловолоконного трубопровода, испытания на растяжения, прочность стекловолоконной трубы, стекловолоконные трубы, стеклопластиковые трубы, базальтоволоконные трубы, гидравлический расчет, методы ремонта стекловолоконных труб.

Объектом исследования является водовод низкого давления, выполненный из стекловолокнистых труб производства компании Ameron.

Цель работы – разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб.

В процессе исследования изучена продукция предприятий, занимающихся выпуском стекловолоконных труб и фитингов. Исследованы их технические характеристики, применяемые типы соединений, возможные методы ремонта. Изучена технология непрерывной намотки стеклопластиковых труб и фасонных изделий, а также контроль качества и гидравлические испытания готовой продукции. Изучен опыт эксплуатации стекловолоконных труб нефтегазодобывающим предприятием Томской области.

В результате исследования рассмотрена возможность проведения технического перевооружения на одном из стальных нефтесборных трубопроводов предприятия. Для повышения эксплуатационных свойств участка предложено применение стеклобазальтоволоконных труб. Для обоснования возможности их применения, было выполнено моделирование работы композитного трубопровода. При моделировании учтены прочностные характеристики стеклобазальтоволоконных труб, определенные в результате проведенных автором испытаний на растяжение. Выполнен гидравлический расчет данного участка трубопровода в стекловолоконном исполнении. Для стеклобазальтоволоконных трубопроводов, с учетом уже применяемых технологий, разработан и предложен метод постоянного ремонта.

Область применения: промышленные нефтесборные и технологические трубопроводы нефтедобывающих предприятий, выполненные из композитных материалов.

					Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Стрюк С.О.			Реферат	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков П.В.					7	128
Консульт.						Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ01		
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.						

Значимость работы: Результаты проведенных исследований будут полезны нефтедобывающим компаниям, заинтересованным во внедрении на своих объектах стеклобазальтоволонных трубопроводов с целью повышения эксплуатационных свойств, и соответственно снижению эксплуатационных затрат.

					Реферат	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определения и сокращения

В настоящей работе используются следующие сокращения:

ВКР – выпускная квалификационная работа;

ВНД – водовод низкого давления;

УЭЦН - установка электроцентробежного насоса;

ППД – поддержание пластового давления;

НКТ – насосно-компрессорные трубы;

ПКМ – полимерные композиционные материалы;

ГПМТ – гибкие полимерно-металлические трубы;

МПТ – металлопластиковые трубы;

УПН – установка подготовки нефти;

БКНС – блочная кустовая насосная станция;

ЦЭРТ – цех эксплуатации и ремонта трубопроводов;

УЭТ – управление эксплуатации трубопроводов;

ОЛАП – отряд по ликвидации аварий и их последствий;

ЦИТС – центральная инженерно-технологическая служба;

РИТС – районная инженерно-технологическая служба;

УДНГ – управление по добыче нефти и газа;

УППД – управление поддержания пластового давления;

УПНГ – управление подготовки нефти и газа;

МФНС – мультифазная насосная станция;

УПН – установка подготовки нефти;

НДС – напряженно-деформированное состояние;

ПДК – предельно допустимая концентрация.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб			
Разраб.		Стрюк С.О.			Определения и сокращения	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков П.В.					9	128
Консульт.						Отделение нефтегазового дела		
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.				Группа 2БМ01		

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	13
1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	16
1.2. Стекло-базальтоволоконные трубы	16
1.3. Анализ предлагаемых решений от производителей стекловолоконных труб.....	18
1.3.1. Стекловолоконные трубопроводные системы компании Ameron и их соединения	18
1.3.2. Стекловолоконные ламинированные трубы SLL Bondstrand Ameron и их соединения	19
1.3.3. Стекловолоконные трубопроводные системы Centron Ameron и их соединения ..	21
1.3.4. Стеклопластиковые трубы Татнефть-Пресскомпозит и их соединения.....	22
1.4. Технология производства стекло-базальтоволоконных труб	24
1.5. Изготовление фасонных изделий из стеклопластика	27
1.6. Контроль качества стеклопластиковой продукции Татнефть-Пресскомпозит	28
1.7. Особенности внедрения стеклопластиковых труб в отрасль	29
1.8. Виды ремонта стеклопластиковых трубопроводов согласно ГОСТ	31
1.9. Технология ремонта стеклопластиковых трубопроводов согласно ГОСТ.....	33
1.9.1. Временный ремонт стеклопластикового трубопровода	33
1.9.2. Постоянный ремонт стеклопластикового трубопровода.....	33
1.10. Современные методы повышения прочности композитных труб.....	34
1.10.1. 3D намотка армирующих преформ.....	34
1.10.2. Производитель 3D волоконных преформ в России	36
1.10.3. Объемно-армированные преформы для композитных труб	37
1.11. Обоснование применения стекло-базальтоволоконных труб при сооружении нефтесборных трубопроводов.....	38
2. Объект исследования. Опыт эксплуатации композитных трубопроводов на месторождениях Томской области	40
2.1. Характеристика стекловолоконного ВНД	41
2.2. Аварийный запас труб Centron Ameron.....	42
2.3. Утвержденный регламент ремонта ВНД Centron Ameron.....	43
2.3.1. Взаимодействию подразделений при ликвидации аварий	43
2.3.2. Постоянный ремонт труб Centron Ameron.....	44

					Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Оглавление	Лит.	Лист	Листов	
Разраб.		Стрюк С.О.							
Руковод.		Бурков П.В.					10	128	
Консульт.						Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ01			
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.							

2.4. Ремонт стекловолоконных труб после прохождения входного контроля	45
2.5. Ламинирование поверхности трубы при незначительных повреждениях	46
2.6. Учет опыта эксплуатации ВНД «УПН-БКНС»	47
3. Сооружение нефтесборных трубопроводов из стеклобазальтоволоконных труб	51
3.1. Технические характеристики нефтесборного трубопровода	51
3.2. Определение возможности применения композитных труб	53
3.2.1. Построение САД-моделей катушки	53
3.2.2. Оценка основных нагрузок, действующих на трубу	54
3.2.3. Расчет давления грунта на трубу	55
3.2.4. Результаты расчета в Ansys	55
3.2.5. Определение прочностных характеристик образцов композитных труб (испытания на растяжение)	57
3.2.6. Расчет коэффициента запаса прочности	59
3.3. Расчет сокращения потерь напора на трение	60
3.4. Разработка метода постоянного ремонта стеклопластикового трубопровода	63
3.4.1. Земляные работы	63
3.4.2. Ремонтные работы	64
3.4.3. Обратная засыпка траншеи	65
3.5. Разработка метода временного ремонта стеклопластикового трубопровода	66
3.6. Планируемые дальнейшие исследования	66
Результаты проведенного исследования	69
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	73
4.1. Анализ условий, необходимых для расчета	73
4.2. Расчет объемов и стоимости грунта, необходимого для засыпки	77
4.3. Расчет необходимой техники и затрат на топливо	78
4.4. Затраты на оплату труда	84
4.5. Затраты на страховые взносы	85
4.6. Затраты на амортизационные отчисления и прочие расходы	86
4.7. Общая сумма затрат	87
4.8. Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	88
5. Социальная ответственность	91
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	92
5.2. Производственная безопасность	93

5.3. Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	94
5.4. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных вредных факторов на исследователя (работающего)	96
5.5. Расчет устройства защитного заземления.....	97
5.6. Экологическая безопасность	99
5.6.1. Защита атмосферы.....	99
5.6.2. Защита гидросферы	99
5.6.3. Защита литосферы	100
5.7. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	101
5.8. Выводы по разделу «Социальная ответственность».....	102
Заключение.....	104
Список публикаций студента	106
Список использованной литературы	108
Приложение А.....	113
6. Composite pipes for field pipelines	114
6.1. Experience in the use of composite pipes for pipelines.....	114
6.2. The possibility of using composite pipes in the conditions of Western Siberia.....	115
6.3. Continuous Winding Technology.....	116
6.4. The hydraulic hammer in a composite pipeline.....	117
6.5. Technology for strengthening fiber preforms.....	120
6.6. Tensile tests of basalt and glass fiber samples	123
6.7. Methods of calculation of underground polymer pipeline	127
Приложение Б	128

Введение

Данная магистерская диссертация является продолжением исследований автора по тематике применения стеклобазальтоволоконных труб для сооружения нефтепромысловых трубопроводов. В результате выполнения выпускной работы бакалавра по теме «Разработка мероприятий, направленных на повышение эксплуатационных свойств промысловых трубопроводов в условиях высокой обводненности транспортируемой среды» в 2020 году было установлено, что эффективным способом повышения эксплуатационных свойств промысловых нефтесборных трубопроводов является применения композитных труб при их сооружении.

В магистерской диссертации автором проанализирован опыт применения композитных труб для сооружения промысловых трубопроводов.

Целью настоящей работы является разработка методов ремонта и соединения стекбазальтоволоконных труб с учетом опыта эксплуатации и ремонта действующих композитных трубопроводов.

Объектом исследования является водовод низкого давления, выполненный из стекловолокнистых труб производства компании Ameron. Изучен опыт эксплуатации, а также установленные заводом изготовителем методы ремонта для данного ВНД.

Предмет исследования – соединения и методы ремонта промысловых трубопроводов, выполненных из стеклобазальтоволоконных труб.

В ходе выполнения данной работы автором определяются недостатки предписанных для действующих стеклобазальтоволоконных методов ремонта. Проводится моделирование работы участка стекловолоконного трубопровода в программном комплексе Ansys. Моделирование выполнено на примере нефтесборного трубопровода.

					Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Стрюк С.О.			Введение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков П.В.					13	128
Консульт.						Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ01		
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.						

Для определения прочностных свойств, рассматриваемых в работе стекловолоконных и базальтоволоконных труб, автором работы были проведены испытания на растяжения образцов труб согласно действующей нормативной документации. Испытания проводились на испытательном комплексе в одной из лабораторий Томского политехнического университета.

На основе данных, полученных в построенных моделях и после обработки результатов испытаний рассчитан коэффициент запаса прочности труб. Сделан вывод о возможности применения стекловолоконных и базальтоволоконных труб для сооружения нефтесборных и технологических трубопроводов. Определено сокращение гидравлических потерь при эксплуатации стекловолоконного трубопровода по сравнению со стальным.

Результаты работы так же неоднократно представлялись автором на научных конференциях различного уровня, таких как:

- Отборочный (в мае 2021 года, г. Томск) и финальный (в декабре 2021 года, г. Брянск) тур III (XV) Международной научно-технической конференции молодежи ПАО «Транснефть» (доклад «Применение стекло-базальтоволоконных труб при сооружении нефтепроводов»);
- V Международная молодежная научная конференция “Tatarstan UrExPro 2021”, 15-17 апреля 2021 годв, г. Казань (доклад: «Анализ напряжённо-деформированного состояния катушки стекловолоконного трубопровода»);
- Международный научный симпозиум студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова "Проблемы геологии и освоения недр", г. Томск, в 2019-2022 годах, (доклад «Моделирование напряжённо-деформированного состояния композитного трубопровода» в 2021 году, «Повышение эксплуатационных свойств промыслового трубопровода путем применения композитных материалов» в 2020 году, «Повышение надежности промыслового трубопровода путем использования труб из композитных материалов» в 2019 году).

					Введение	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список публикаций автора представлен в соответствующем разделе работы.

Результаты исследований, представленных в данной магистерской диссертации будут полезны нефтегазодобывающим предприятиям, имеющим в эксплуатации нефтесборные и технологические трубопроводы, выполненные из стеклобазальтоволоконных труб. Так же исследования актуальны для предприятий, занимающихся производством стеклобазальтоволоконных труб, и сооружением таких трубопроводов.

					Введение	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли

Как было установлено ранее в ВКР бакалавра [1], применение композитных труб является достаточно эффективным методом повышения эксплуатационных свойств нефтесборных трубопроводов.

Для технического перевооружения, рассматриваемого в [1] промышленного нефтесборного трубопровода обосновано использование стеклобазальтоволоконных труб.

Рассмотрим более подробно композитные трубы, которые могут применяться в сооружении нефтегазопроводов.

1.2. Стекло-базальтоволоконные трубы

В ходе выполнения ВКР бакалавра [1] был проведен сравнительный анализ представленных на рынке композитных труб, которые возможно использовать для технического перевооружения промышленного нефтесборного трубопровода. Были проанализированы:

- Армированные полипропиленовые трубы;
- Армированные полиэтиленовые трубы;
- Стекловолоконные трубы;
- Базальтоволоконные трубы.

Армированные полипропиленовые трубы невозможно использовать для технического перевооружения нефтесборного трубопровода ввиду ограничения по максимальному рабочему давлению (2,5 МПа), заявленному производителями.

Армированные полиэтиленовые трубы могут рассматриваться в качестве замены стальным трубам, так как максимальное рабочее давление таких труб составляет 4 МПа.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб			
Разраб.		Стрюк С.О.			1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков П.В.					16	128
Консульт.						Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ01		
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.						

Однако, у линейки полиэтиленовых труб, заявленных производителем на такое рабочее давление, наружный диаметр ограничен значением 160 мм. Соответственно, для технического перевооружения промышленного нефтесборного трубопровода наружным диаметром 325 мм такие трубы рассматривать невозможно.

В ходе анализа линейки стекловолоконных и базальтоволоконных труб было установлено, что такие трубы выдерживают требуемое рабочее давление для рассматриваемого промышленного трубопровода, имеют широкий спектр наружных диаметров, а также обладают следующими преимуществами:

Перед стальными трубами:

- Стойки к транспортируемым химически-агрессивным средам;
- Низкие показатели теплопроводности, обеспечивают снижение тепловых потерь из трубопровода;
- Высокая стойкость к абразивному износу (что особенно актуально на промышленных трубопроводах, ввиду наличия в транспортируемых флюидах песка, подтягиваемого УЭЦН из скважин);
- Малая масса (в 4-5 раз легче стальных труб);
- Гладкая внутренняя поверхность трубы;
- Соединение труб не требуют сварки и контроля сварных швов.

Перед полимерными трубами:

- Высокая теплостойкость (стекловолоконные трубы выдерживают до 105 °С, а базальтоволоконные до 130 °С)
- Низкие показатели коэффициента температурного расширения.

В результате всего вышеперечисленного в [1] был сделан вывод, что наиболее подходящими для технического перевооружения промышленного трубопровода являются стекловолоконные и базальтоволоконные трубы.

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Ввиду их схожих характеристик и технологии производства в дальнейшем целесообразно рассматривать оба вида волоконных композитных труб для технического перевооружения трубопровода.

1.3. Анализ предлагаемых решений от производителей стекловолоконных труб

Рассмотрим стекловолоконные трубы производства двух производителей – американской компании Ameron и отечественной ООО «Татнефть-Пресскомпозит».

1.3.1. Стекловолоконные трубопроводные системы компании Ameron и их соединения

Одним из производителей стекловолоконных труб является американская компания Ameron. Компания выпускает трубы для нефтегазовой промышленности различных диаметров, рассчитанные на рабочее давление до 24 МПа.

Трубы, выпускаемые компанией Ameron имеют множество типы соединений между собой.

Раструбное соединение «Ki-lock», рассчитанное на рабочее давление до 7,5 МПа (рисунок 1). Представляет собой легко монтируемое самофиксирующее механическое соединение с уплотнительным кольцом.

Клеевые соединения «Taper» (до 7,5 МПа) и «Quick-lock» (до 1,6 МПа) обеспечивают высокую скорость монтажа, но рассчитаны на сравнительно малые рабочие давления. Данные клеевые соединения представлены на рисунках 2, 3.

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

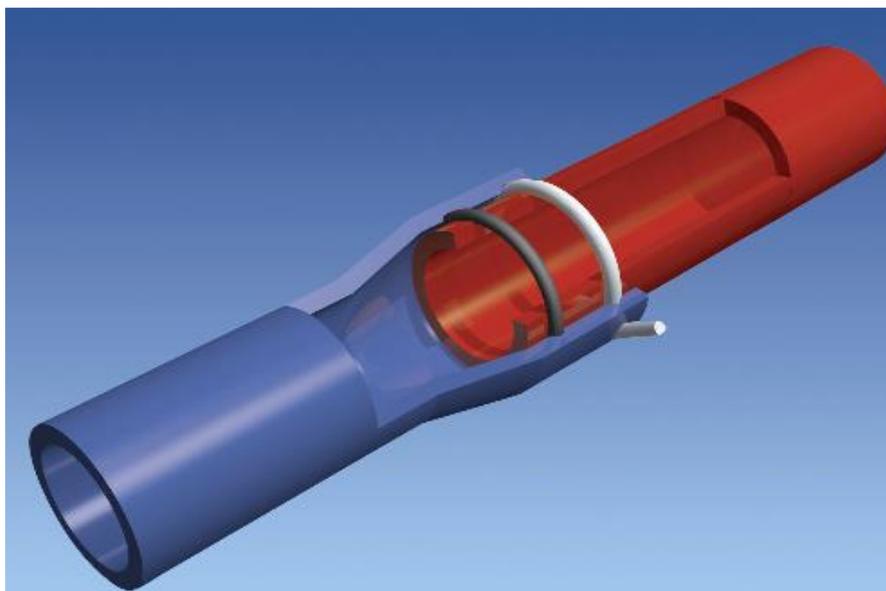


Рисунок 1 – Раструбное соединение «Ki-lock» Ameron

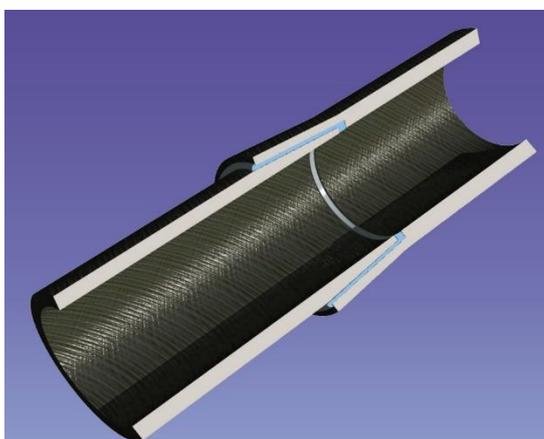


Рисунок 2 – Клеевое соединение
«Taper» Ameron

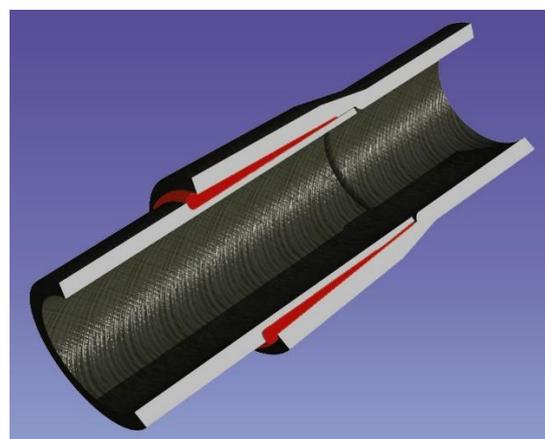


Рисунок 3 – Клеевое соединение
«Quick-lock» Ameron

1.3.2. Стекловолоконные ламинированные трубы SLL Bondstrand Ameron и их соединения

Для трубопроводов высокого давления компания Ameron предлагает ламинированные стальной лентой стекловолоконные трубы (SLL) Bondstrand.

Такие трубы рассчитаны на возможность эксплуатации в системах поддержания пластового давления (ППД) с рабочем давлением 25 МПа и выше.

Для монтажа труб SLL Bondstrand используется резьбовое соединение с двойным механическим уплотнением высокой прочности «Coil-lock», рисунок 4. Заявленное рабочее давление такого соединения до 40 МПа.

Для подключения трубопровода к стальной запорной арматуре применяется фланцевое соединение «Van Stone», рисунок 5. Рассчитано так же на рабочее давление до 40 МПа.

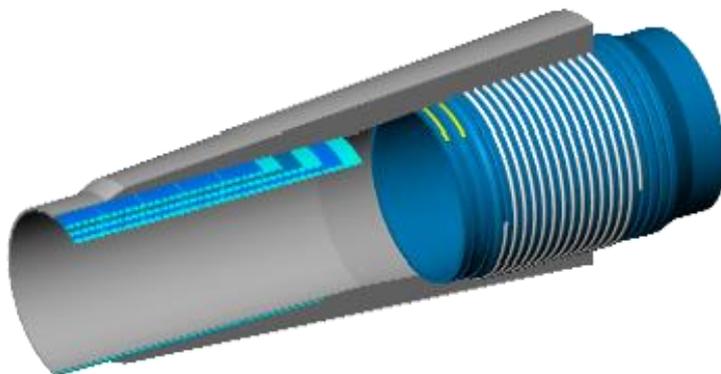


Рисунок 4 – Резьбовое соединение «Coil-lock» Ameron

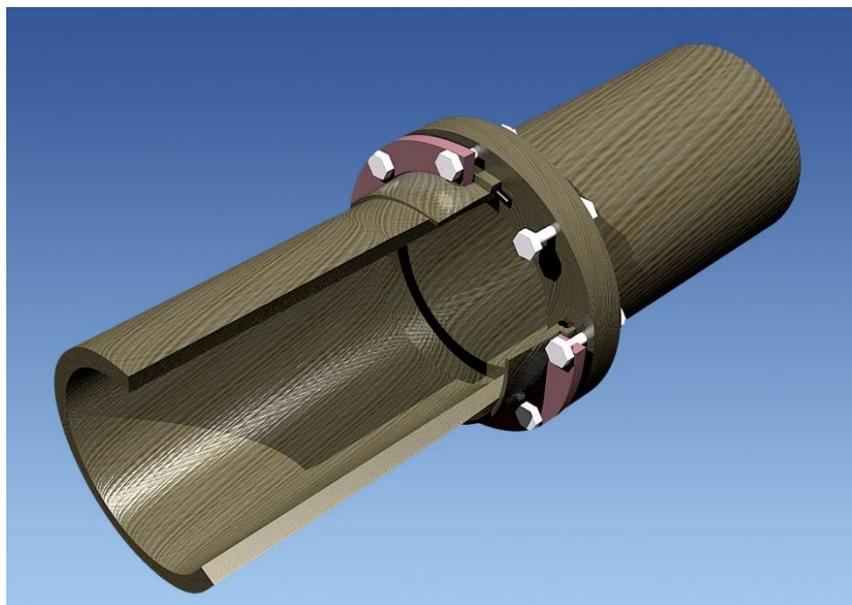


Рисунок 5 – Втулочный фланец «Van Stone» Ameron

Опыт промышленной эксплуатации подтверждает заявленные производителем высокие технические характеристики.

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для нефтяной компании Saudi Aramco (Саудовская Аравия) в 2000 году смонтирован нефтепровод SLL 4 диаметром 200 мм (рабочее давление до 19 МПа). Для нефтяной компании Shell в Нигерии в 2000 году было смонтировано несколько участков нефтепроводов диаметром 350 мм из труб SLL 4 и SLL 5 (до 14 МПа). Для фирмы Chevron Техасо в Аргентина завершен монтаж 200 мм трубы SLL 6 для транспортировки коррозионно-активной воды высокого давления для ППД (19 МПа).

1.3.3. Стекловолоконные трубопроводные системы Centron Ameron и их соединения

Компанией Ameron представлены стекловолоконные трубы «Centron» с повышенной осевой прочностью, рассчитанные на средние и высокие рабочие давление до 24 МПа. Линейка диаметров труб от 40 до 260 мм.

Монтаж осуществляется при помощи резьбового соединения с уплотнительным кольцом «Centron», рассчитанного на рабочее давление 24 МПа, рисунок 6.



Рисунок 6 – Резьбовое соединение «Centron» Ameron

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В России сооружать первые композитные трубопроводы в сотрудничестве с компанией Ameron начали в начале 2000-х годов. Введенные в эксплуатацию в то время объекты, до сих пор требуют минимального обслуживания и ремонта, имеют положительные отзывы от эксплуатирующих организаций.

1.3.4. Стеклопластиковые трубы Татнефть-Пресскомпозит и их соединения

Рассмотрим отечественного производителя стекловолоконных труб. Производственные мощности по производству стекловолоконных (стеклопластиковых) труб компании ООО «Татнефть-Пресскомпозит» были запущены в октябре 2016 года.

Сейчас компания производит линейные трубы для трубопроводов, обсадные и насосно-компрессорные трубы (НКТ) высокого давления для нефтегазовой промышленности. Объем производства до 450 км труб в год [2].

Компания заявляет рабочее давление для производимых стеклопластиковых труб до 27 МПа. Трубы рассчитаны на температуру перекачиваемой среды до 100 °С. Линейка диаметров производимых труб следующая: 50; 65; 80; 100; 150; 200; 250; 300 мм [3].

Для соединения обсадных, НКТ и линейных труб продуктовой линейки ООО «Татнефть-Пресскомпозит» при монтаже применяются резьбовые соединения трех видов:

- Резьба 8RD самоуплотняющаяся (рисунок 7, 8);
- Резьба 2RD и 4RD с уплотнительным кольцом (рисунок 9);
- Резьба ОТТМ для обсадных труб.

Резьба 8RD (восемь витков на дюйм) отличается гладкой поверхностью витков, которая облегчает сборку и гарантирует возможность демонтажа. В основном находит применение в производстве стекловолоконных НКТ.

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Согласно сведениям, представленным на сайте компании ООО «Татнефть-Пресскомпозит» для стекловолоконных НКТ были проведены испытания резьбы 8RD на количество циклов свинчивания-отвинчивания. Подтверждено сохранение герметичности минимум при семи циклах свинчивания-отвинчивания, имитирующих спускоподъемные операции при ремонте скважин.

Трубы с резьбой 8RD применяются и для сооружения линейных трубопроводов. Производитель рекомендует дополнительно использовать герметики при монтаже линейных трубопроводов, обеспечивающий защиту от ослабления соединения при строительстве, эксплуатации и ремонте трубопроводов.



Рисунок 7 – 8RD резьбовое муфтовое соединение Татнефть-Пресскомпозит

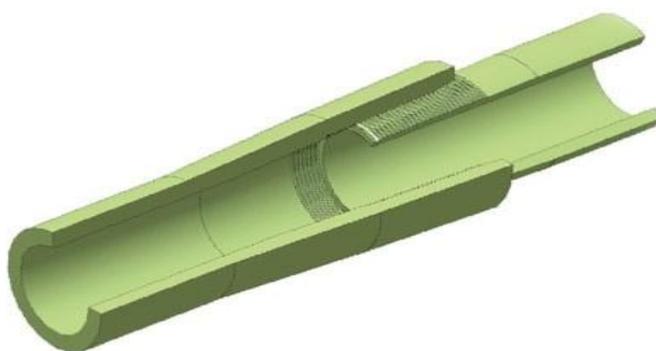


Рисунок 8 – 8RD резьбовое раструбное соединение Татнефть-Пресскомпозит

Резьба 2RD и 4RD с уплотнительным кольцом применяется для ускорения монтажа трубопроводов.



Рисунок 9 – 4RD резьбовое раструбное соединение Татнефть-Пресскомпозит

Резьба ОТТМ шлифованная применяется для обсадных труб. Данная резьба позволяет уменьшить стоимость и габариты раструбной части трубы, унифицировать оборудование для спуска стеклопластиковых обсадных труб с оборудованием для стальных обсадных труб с резьбой ОТТМ.

Также компания ООО «Татнефть-Пресскомпозит» помимо стекловолоконных труб производит все виды фасонных изделий, такие как тройники, муфты, отводы и фланцы (рисунок 10).



Рисунок 10 – Стеклопластиковые фасонные изделия Татнефть-Пресскомпозит

1.4. Технология производства стекло-базальтоволоконных труб

Трубопроводная продукция компаний Ameron и ООО «Татнефть-Пресскомпозит» производится методом непрерывной намотки стекловолоконного ровинга (рисунок 11).

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рассмотрим более подробно производство ООО «Татнефть-Пресскомпозит». Компания имеет автоматизированную производственную линию по производству стеклопластиковых труб непрерывной намоткой стекловолоконного ровинга, пропитанного эпоксидным связующим на формообразующие оправки (рисунок 12, 13). Намоточная машина с ЧПУ обеспечивает высокую точность позиционирования ровинга и высокое качество продукции.

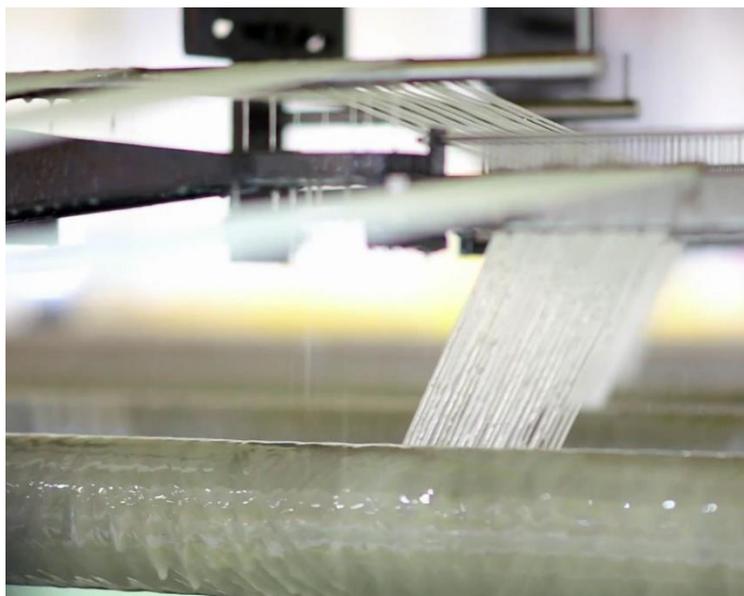


Рисунок 11 – Производство стеклопластиковых труб непрерывной намоткой



Рисунок 12 – Автоматизированная линия намотки сразу трех стеклопластиковых труб ООО «Татнефть-Пресскомпозит»

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 13 – Автоматизированная намотка стекловолоконного ровинга, пропитанного эпоксидным связующим

После намотки и отвердевания, изготовленные заготовки труб транспортируются автоматически на участок механической обработки.

На заготовки автоматически наносится требуемая резьба, с резьбы снимается фаска. Заготовки обрабатываются торцевой пилой (рисунки 14, 15).



Рисунок 14 – Нанесение резьбы на стеклопластиковую заготовку трубы с последующей обработкой торцевой пилой



Рисунок 15 – Обработка заготовки торцевой пилой

1.5. Изготовление фасонных изделий из стеклопластика

Для производства монтажных работ по сооружению трубопроводов не обойтись без фасонных изделий. Компания ООО «Татнефть-Пресскомполит» производит все виды фасонных изделий к линейке внутренних диаметров труб 50-300 мм с рабочим давлением до 27 МПа.

Производство фасонных изделий производится по аналогичной технологии непрерывной намотки стекловолоконного ровинга, пропитанного эпоксидным связующим (рисунок 16).



Рисунок 16 – Автоматизированная намотка стекловолоконного отвода

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Компания производит следующий ассортимент фасонных изделий из стеклопластика для линейки внутренних диаметров 50 – 300 мм:

- Отвод с углом поворота 90°; 60°; 45°; 30°; 22,5°; 11,25°;
- Тройник равнопроходный, тройник переходной;
- Муфта линейная, муфта обсадная, муфта насосно-компрессорная;
- Муфта переходная;
- Фланец;
- Ниппель, пиппель переходной

1.6. Контроль качества стеклопластиковой продукции Татнефть-Пресскомпозит

На предприятии ООО «Татнефть-Пресскомпозит» производится полный контроль качества выпускаемой продукции – как стеклопластиковых труб, так и фасонных изделий. Контроль качества выполняется по стандартам [4].

В распоряжении предприятия имеется автоматизированный испытательный стенд, имитирующий реальные условия эксплуатации труб.

Вся продукция компании проходит гидравлические испытания избыточным давлением до 100 МПа (рисунок 17).

Дополнительные испытания проходят изготавливаемые НКТ и обсадные трубы. Их проверяют воздействием дополнительной растягивающей нагрузки значением до 40 т.

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 17 – Гидравлические испытания стеклопластиковой продукции

1.7. Особенности внедрения стеклопластиковых труб в отрасль

Одной из сложностей применения стеклопластиковых труб является нормативные ограничения для нефтегазодобывающих предприятий. Часто сталкивались с сложностями принятия объектов в эксплуатацию.

С целью разрешения данных проблем, по заказу предприятия ООО «Татнефть-Пресскомпозит» разработан ГОСТ Р «Трубопроводы промышленные из стеклопластиковых труб. Правила проектирования и эксплуатации». Документ получил номер ГОСТ Р 59411 – 2021 и был утвержден и введен в действие 31 марта 2021 года.

Новый стандарт устанавливает требования к проектируемым, строящимся и реконструируемым промышленным трубопроводам из стеклопластиковых труб, что позволит обеспечить надежность их эксплуатации, а также безопасность для окружающей инфраструктуры и населения. Применение стеклопластиковых труб позволяет полностью исключить фактор коррозии. Таким образом, надежность промышленных трубопроводов выйдет на

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

новый уровень и повысит рентабельность добычи нефти, особенно на месторождениях с высокой обводненностью или высокой коррозионной активностью транспортируемых сред.

Данный документ [5] регламентирует проектирование, сооружение и приемку, эксплуатацию, а также реконструкцию и капитальный ремонт промышленных трубопроводов, выполненных из стеклопластиковых труб и фитингов. Распространяется на трубопроводы номинальным диаметром от DN 50 до DN 450 включительно. Допустимое рабочее давление таких трубопроводов согласно данному документу не должно превышать 21.0 МПа. А температуры транспортируемых сред не более 100 °С.

Согласно пункту 5.9 данного документа [5] при сооружении стеклопластиковых трубопроводов используются следующие соединения труб и фитингов:

- Раструбное (в т.ч. резьбовое):
- муфтовое;
- фланцевое.

Соединительные детали и соединения должны быть равнопрочными применяемым трубам, параметры (номинальный диаметр DN и номинальное давление) соединительных деталей должны соответствовать аналогичным параметрам труб.

Что касается соединения стеклопластиковых труб со стальными трубами и фитингами, то его следует выполнять с помощью фланцевых соединений или с использованием металлических патрубков (переходников), с резьбой с одной стороны и фаской под сварку с другой.

Дополнительные вопросы возникают по поводу методов диагностики и определения остаточного ресурса стеклопластиковых трубопроводов. Компанией ООО «Татнефть-Пресскомпозит» разрабатываются методики диагностики для таких труб на основе акустической эмиссии.

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

По заявлению компании, метод позволит определить место локализации дефекта и установить зависимость активности акустической эмиссии (числа импульсов акустической эмиссии в секунду) от степени развития дефектов. Также дополнительным способом локальной диагностики стеклопластиковых трубопроводов может применяться метод ультразвуковой диагностики.

Для обнаружения трассы залегания стеклопластикового трубопровода под землей ООО «Татнефть-Пресскомпозит» предлагает следующие методы: первый – укладка кабеля в изоляции на верхнюю образующую трубы с последующей фиксацией кабеля по всей длине трубопровода. Второй – поиск по RFID-метке, в которую записывается вся информация о трубе.

1.8. Виды ремонта стеклопластиковых трубопроводов согласно ГОСТ

Согласно пункту 21 [5] ремонт стеклопластиковых трубопроводов осуществляется с учетом положений как [5], так и документации завода-изготовителя труб и фитингов, и регламента эксплуатирующей организации.

Организация, эксплуатирующая стеклопластиковый трубопровод, должна иметь аварийный запас труб и соединительных деталей. Аварийный запас включает в себя:

- трубы, в количестве 2 % от протяженности трубопроводов, но не менее 5 труб;
- отводы, тройники, концевые элементы, в количестве не менее 2 % от установленных.

Согласно [5] для стеклопластиковых трубопроводов различают три вида ремонта:

- текущий;
- капитальный;
- аварийный.

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Текущий ремонт выполняется в процессе эксплуатации трубопроводов, включает в себя:

- восстановление наземных опознавательных знаков;
- восстановление сигнальных проводов и их наземных выводов;
- вырубку кустарника, устройство и очистку водоотводных каналов;
- восстановление над трубопроводом мелких повреждений земляного валика.

Капитальный ремонт производится при достижении предельных величин износа путем:

- замена металлических соединительных деталей (запорной арматуры, тройников, отводов), вышедших из строя вследствие коррозии;
- восстановление на проектных отметках трубопровода на переходах (через ручьи и т. п.) сместившегося вследствие размыва, оползания грунта и других воздействий со временем;
- возврат на проектные отметки и закрепления, сместившихся со временем участков трубопровода.
- замена дефектных участков трубопровода вследствие их износа или истечения назначенного срока службы;
- ремонт защитных кожухов на пересечениях с дорогами.

Аварийный ремонт производится в случаях:

- разрушение трубопровода (разрыв);
- сквозное механическое повреждение трубопровода (пробой);
- перегибах трубопровода (арка или излом);
- поперечной деформации (эллипсность).

Для ликвидации ледяных пробок в трубопроводе производят отогрев путем прокачки горячей воды либо обливкой участка горячей водой.

При этом необходимо контролировать температуру нагрева трубопровода, она не должна превышать предельную, установленную

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

производителем труб. Применять обогрев участка стеклопластиковой трубы открытым пламенем категорически запрещается.

1.9. Технология ремонта стеклопластиковых трубопроводов согласно ГОСТ

Ремонт стеклопластиковых трубопроводов с нарушенной герметичностью производится следующими способами:

- установкой хомута;
- заменой трубы.

1.9.1. Временный ремонт стеклопластикового трубопровода

Ремонт установкой хомута применяется в случаях, когда площадь повреждения поверхности тела трубы не превышает 100 мм². При этом, конструкция и материал, а так же способ установки хомута не должны способствовать образованию трещин трубы.

Последовательность установки хомута на стеклопластиковый трубопровод согласно [5]:

1. Установить металлический полухомут с прикрепленной к нему расширяющейся вставкой (вставка должна быть изготовлена по размеру отверстия);
2. Установить второй полухомут;
3. Стянуть с помощью болтовых соединений.

Хомут устанавливается во избежание выброса из отверстия вставки.

1.9.2. Постоянный ремонт стеклопластикового трубопровода

Ремонт с заменой трубы применяется при повреждениях большой площади: по длине более 300 мм и по окружности более 200 мм. При больших повреждениях на трубе (длина повреждения более 300 мм либо по окружности более 200 мм), поврежденную трубу заменяют новой.

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Последовательность замены трубы:

- Вырезать «катушку» длиной 3 м в центральной части поврежденной трубы;
- Выкрутить оставшиеся раструбную и ниппельную части поврежденной трубы;
- Вкрутить новую трубу.

Применение такой технологии возможно при условии, если есть возможность раздвинуть прилегающие участки трубопровода в осевом направлении для вставки ремонтной трубы.

При отсутствии возможности раздвинуть плети для замены трубы, ремонт поврежденного участка трубопровода осуществляется заводским ремкомплект стандартной длины, состоящего из двух полутруб с телескопическим устройством или фланцевым соединением между частями ремонтной конструкции.

После ремонта проводится опрессовка отремонтированного участка стеклопластикового трубопровода. После прохождения участком опрессовки, производится засыпка отремонтированного участка.

1.10. Современные методы повышения прочности композитных труб

В данном разделе рассматриваются современные методы повышения прочностных свойств стеклобазальтоволоконных труб основанные на совершенствовании технологии непрерывной намотки.

1.10.1. 3D намотка армирующих преформ

В настоящее время для изготовления полимерных композиционных материалов (ПКМ) получает распространение применение объемно-армированных преформ. Преформа представляет собой каркас ПКМ, сплетенный из множества волокон. Преформа формирует сложную объемную структуру и определяет степень и направления армирования композиционного материала. Для изготовления ПКМ сначала сплетается такой каркас (преформа)

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

различными способами. После формирования преформы ее пропитывают эпоксидным связующим. После процесса отвердевания имеем готовый ПКМ.

Существует несколько технологий изготовления объемно-армированных преформ.

2,5D армированная преформа представляет собой сплетенный каркас, в котором пространственные связи образуются за счет искривления всех или части волокон одного из направлений. Такие преформы создаются по традиционной системе двух нитей: искривленных нитей основы и прямолинейных нитей утка (рисунок 18).

Значительное отличие от такой технологии имеет 3D намотка преформы. Связи волокон в пространстве таких преформ создаются за счет введения волокон третьего направления. В итоге в преформе, изготовленной по такой технологии имеется три волокна в прямоугольной или цилиндрической системе координат. Волокна могут быть взаимно ортогональными в трех направлениях или располагаться под углом в одной из плоскостей армирования (рисунок 19, 20).

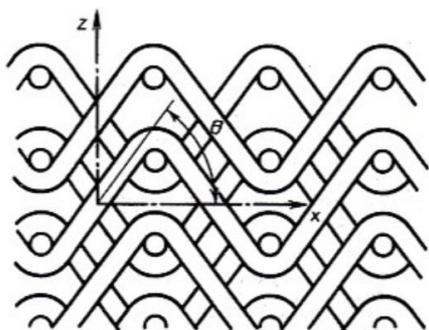


Рисунок 18 – Структура 2,5D армированной преформы

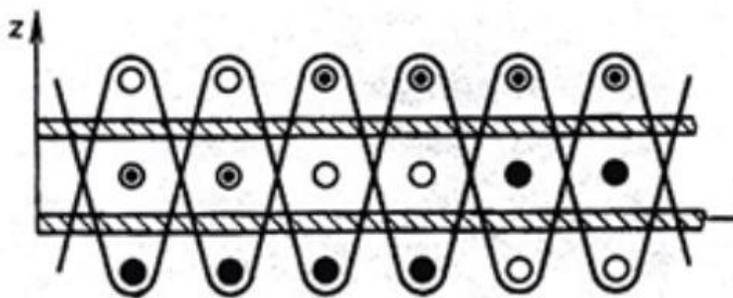


Рисунок 19 – Структура 3D армированной преформы

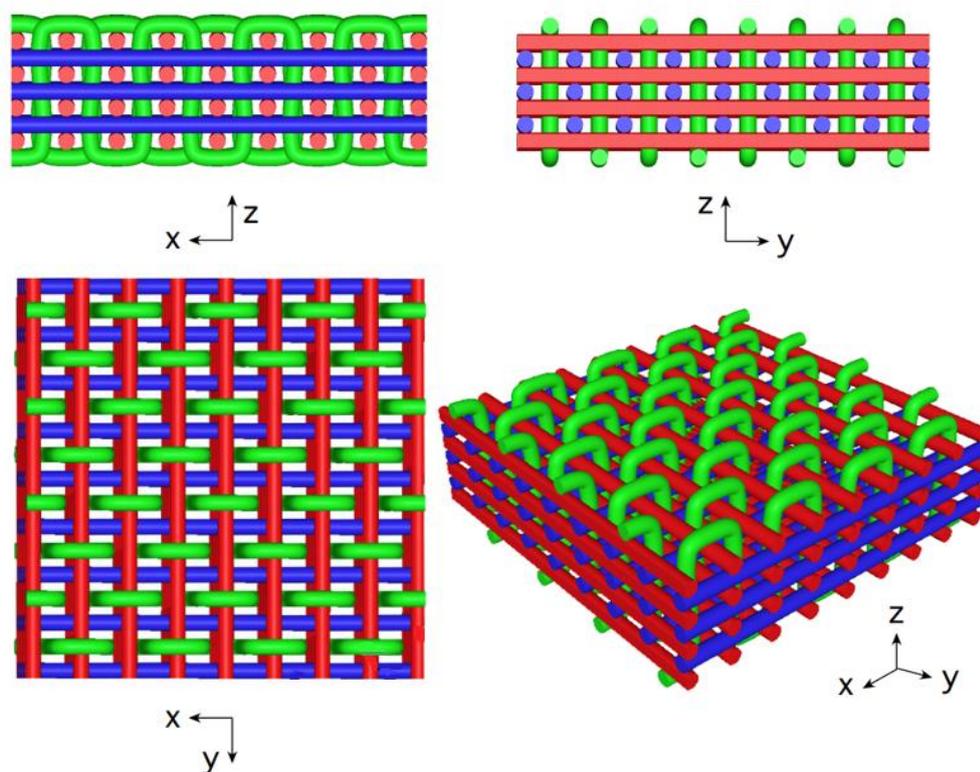


Рисунок 20 – Схема взаимного расположения волокон преформы при 3D плетении

1.10.2. Производитель 3D волоконных преформ в России

ООО «СмартСервис», расположенное в городе Казань республики Татарстан, это одно из ведущих научно-производственных предприятий России по проектированию и изготовлению объемно-армированных цельнотканых преформ из угле-стекловолокна. Такие объемно-армированные преформы, изготовленные предприятием используются для производства ПКМ.

Компания изготавливает объемно-армированные преформы по технологии 3D ткачества. Суть применяемой технологии состоит в получении цельнотканой объёмно-армированной преформы с заданным объёмным содержанием волокон в преформ в рамках одной технологической операции.

Для своей деятельности предприятие имеет автоматизированный ткацкий комплекс (рисунок 21), позволяющий изготавливать объемно-армированные преформы по технологии 3D ткачества.



Рисунок 21 – Автоматизированный ткацкий комплекс ООО «СмартСервис» для 3D ткачества преформ

В процессе производства преформ можно регулировать толщину и свойства материала, задавая ему именно те качества, которые необходимы для решения конкретной производственной задачи.

1.10.3. Объемно-армированные преформы для композитных труб

Рассмотрим продукцию компании ООО «СмартСервис» которая актуальна для трубопроводного транспорта углеводородов.

Компания производит цельнотканую трубную преформу (рисунок 22, 23) с ортогональной системой армирования волокнами. Возможно изготовление таких преформ из стеклянного или углеродного ровинга. Типоразмер получаемых преформ для труб – диаметр до 350 мм, толщина стенки до 15 мм [6].

Такие композитные трубы, преформы которых изготовлены по технологии 3D ткачества имеют намного больший показатель сопротивления расслоению, а также повышенную общую прочность на 40-50% по сравнению обычными стеклопластиковыми трубами [6].



Рисунок 22 – Объемно-армированная трубная преформа из стеклоровинга



Рисунок 23 – Объемно-армированная трубная преформа из углеродного и стеклянного ровинга

1.11. Обоснование применения стекло-базальтоволоконных труб при сооружении нефтесборных трубопроводов

В ходе выполнения текущей работы, а так же ранее ВКР бакалавра были проанализированы композитные трубы, которые могут быть применены при сооружении нефтесборных и технологических промышленных трубопроводов.

В [1] определено что наиболее подходящими материалами композитных труб для нефтесборных трубопроводов являются именно стекло-базальтоволоконные трубы.

Далее уже в текущей работе была проанализирована продукция предприятий, занимающихся выпуском стекловолоконной трубной труб и фитингов. Исследованы типы соединений для выпускаемой трубной продукции, их технические характеристики.

Подробно изучена технология непрерывной намотки стеклопластиковых труб и фасонных изделий, применяемая ООО «Татнефть-Пресскомпозит», а так же контроль качества и гидравлические испытания готовой продукции. Исследован новый ГОСТ Р 59411 – 2021 «Трубопроводы промышленные из стеклопластиковых труб. Правила проектирования и эксплуатации»,

разработанный по заказу ООО «Татнефть-Пресскомпозит». В данном документе представлена информация о предписываемых методах ремонта (установка хомута и замена поврежденной трубы).

Изучены технологии, позволяющие повысить структурную прочность стеклобазальтопластиковых труб – применение объемно-армированных преформ. Такие преформы изготавливаются 3D ткачеством, например российским предприятием ООО «СмартСервис».

Далее необходимо изучить реальный опыт эксплуатации стеклобазальтоволоконных трубопроводов, отзывы эксплуатирующих организаций и регламент по обслуживанию и ремонту таких объектов.

					1. Композитные трубы для нефтегазовой отрасли	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Объект исследования. Опыт эксплуатации композитных трубопроводов на месторождениях Томской области

Согласно информации, предоставленной нефтегазодобывающим предприятием, в зоне ответственности предприятия имеется 63 участка неметаллических трубопроводов, таблица 1. Среди рассматриваемых участков есть как водоводы низкого давления (ВНД), так и нефтесборные сети (НС).

Из них 30 участков трубопроводов выполнены из гибких полимерно-металлических труб (ГПМТ), 12 из металлопластиковых труб (МПТ), 20 участков из стекловолокнистых труб компании Ameron, 1 из стеклопластиковых труб.

Таблица 1 – Количество участков неметаллических труб в эксплуатирующей организации

Материал участка	Построено	Действующих, на 2022 г.
ГПМТ	30	11
МПТ	12	0
Ameron	20	19
Стеклопластик	1	0

Как видно из таблицы 1, все трубопроводы выполненные из МПТ и стеклопластиковых труб выведены из эксплуатации. Так же, значительное количество трубопроводов, выполненных из ГПМТ, выведены из эксплуатации (11 действующих из 30 построенных).

Трубопроводы, выполненные из стекловолокнистых труб производства компании Ameron, эксплуатируются практически все.

По сообщению представителя эксплуатирующей организации, тенденция на вывод неметаллических трубопроводов из эксплуатации связана с ограниченным количеством ремонтных комплектов в распоряжении компании.

					Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Стрюк С.О.			2. Объект исследования. Опыт эксплуатации композитных трубопроводов на месторождениях Томской области	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков П.В.					40	128
Консульт.						Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ01		
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.						

Так же отмечаются сложности выполнения ремонтных работ для композитных труб.

Далее более подробно рассмотрим опыт эксплуатации, технические характеристики и методы ремонта трубопровода, выполненного из стекловолоконных труб Ameron.

2.1. Характеристика стекловолоконного ВНД

					2. Объект исследования. Опыт эксплуатации композитных трубопроводов на месторождениях Томской области	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2. Аварийный запас труб Centron Ameron

Для обеспечения безаварийной эксплуатации стекловолоконного ВНД в цеху эксплуатации и ремонта трубопроводов (ЦЭРТ) управления эксплуатации трубопроводов (УЭТ) эксплуатирующей организации организован аварийный запас стекловолоконных труб «Centron» компании Ameron и фитингов к ним. Так же на складе ЦЭРТ имеется заводской ремонтный комплект для труб «Centron» Ameron.



Рисунок 24 – Аварийный запас стекловолоконных труб «Centron» 10” в контейнере на территории ЦЭРТ



Рисунок 25 – Резьбовое соединение стекловолоконных труб «Centron» 10”



Рисунок 26 – Заводская маркировка «Centron» Ameron

					2. Объект исследования. Опыт эксплуатации композитных трубопроводов на месторождениях Томской области	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

2.3. Утвержденный регламент ремонта ВНД Centron Ameron

Для ликвидации аварий на стекловолокнистых трубах Ameron в эксплуатирующей организации принят следующий регламент.

2.3.1. Взаимодействию подразделений при ликвидации аварий

					2. Объект исследования. Опыт эксплуатации композитных трубопроводов на месторождениях Томской области	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.3.2. Постоянный ремонт труб Centron Ameron

Для ремонта труб Centron серий SP и SPH с резьбовым соединением используют ремонтный комплект на фланцах, длина которого в сборе равна длине целой трубы.

Для проведения ремонта необходимо:

- сбросить давление и удалить транспортируемую жидкость;
- разрезать поврежденную трубу и выкрутить образовавшиеся части из трубопровода;
- вместо них закрутить фланцевые патрубки ремонтного комплекта, используя стандартную процедуру соединения труб Centron, рисунок 27.

Из-за разности температур монтажа и эксплуатации а также возможных остаточных механических напряжения как следствие порыва, возможно возникновение разности длин заменяемой трубы и ремонтного комплекта.

В случае, если ремонтный комплект короче, то допускается стянуть участки трубопровода затяжными болтами фланцевого соединения ремонтного комплекта из расчета 25,4 мм на каждую раскопанную трубу. Если зазор больше, то необходимо откопать больше секций труб, или установить утолщенную шайбу с дополнительной прокладкой между фланцами. Если ремонтная труба длиннее, то допускается изогнуть концы освободившегося трубопровода, при этом необходимо откопать на достаточное расстояние, чтобы не превышать допустимого радиуса изгиба трубы.

При отсутствии ремонтной трубы возможно проведение ремонта по вышеописанной процедуре с использованием одной целой трубы, двух фланцев и двух ниппелей при этом необходимо откопать на достаточное расстояние, чтобы не превышать допустимого радиуса изгиба трубы.

					2. Объект исследования. Опыт эксплуатации композитных трубопроводов на месторождениях Гомской области	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

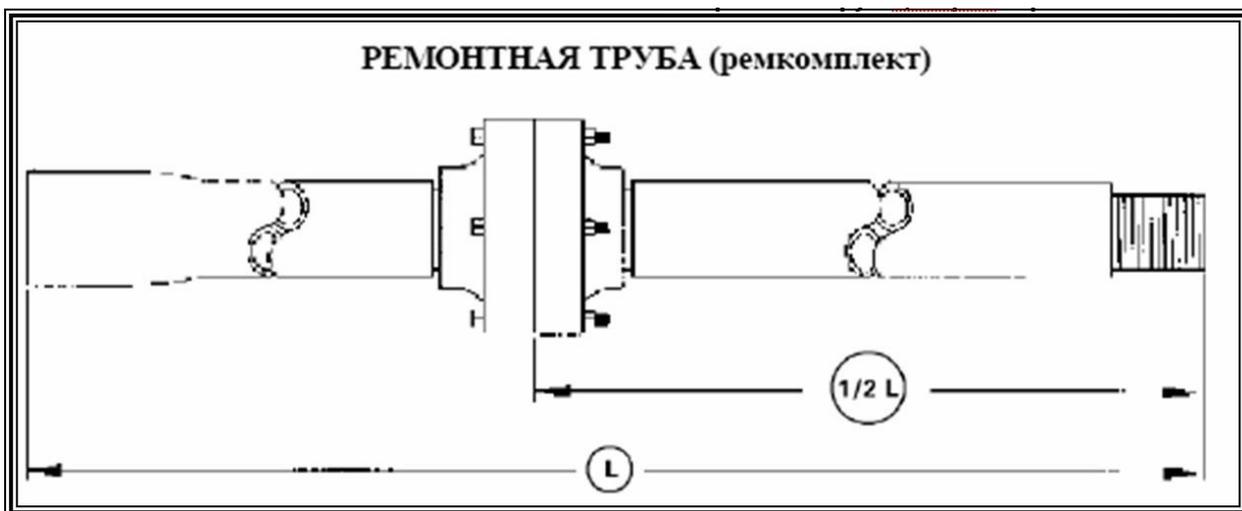


Рисунок 27 – Схема метода ремонта труб Centron Ameron с резьбовым соединением

2.4. Ремонт стекловолоконистых труб после прохождения входного контроля

При повреждении труб после прохождения входного контроля в процессе производства. Для определения способа ремонта (на площадке или на заводе или полностью замены на новую) на место вызывается представитель завода изготовителя.

Повреждение стекловолоконистых труб происходит чаще всего при производстве строительного-монтажных работ.

Обычно поврежденные трубы поддаются быстрому и простому ремонту, который выполняется квалифицированным персоналом на монтажно-строительной площадке. Метод проведения ремонта зависит от толщины стенки, структуры стенки, назначения трубы, а также типа и степени повреждения.

Царапины и пропилы на внешней стороне трубы, составляющие менее 10% от толщины стенки трубы, как правило, не требуют ремонта, тогда как при более глубоких повреждениях – ремонт требуется. Необходимость ремонта повреждений внутреннего слоя зависит от глубины повреждения.

Анализ структурного разрушения стенки трубы проводят отдельно для каждого случая, после чего подбирают способ проведения ремонта, достаточного для восстановления первоначальной прочности трубы.

Поврежденную трубу либо заменяют, либо ремонтируют. На время ремонта трубопровод должен быть опорожнен, и ремонтируемая поверхность должна поддерживаться в сухом состоянии в течении всего процесса.

2.5. Ламинирование поверхности трубы при незначительных повреждениях

					2. Объект исследования. Опыт эксплуатации композитных трубопроводов на месторождениях Гомской области	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.6. Учет опыта эксплуатации ВНД «УПН-БКНС»

В ходе выполнения магистерской диссертации был проанализирован опыт эксплуатации неметаллических трубопроводов одного из нефтегазодобывающих предприятий. Подробно рассмотрен опыт эксплуатации ВНД, сооруженного из стекловолоконистых труб «Centron» Ameron, введенного в эксплуатацию в 2006 году. На данном трубопроводе отказов не зафиксировано.

В эксплуатирующей организации имеется аварийный запас труб, фитингов и ремонтные комплекты для стекловолоконистых труб «Centron» Ameron, согласно [5].

Эксплуатирующей организацией введен в действие регламент по взаимодействию подразделений при ликвидации аварий на стекловолоконистых трубах Ameron.

В данном регламенте так же описан метод постоянного ремонта поврежденного участка труб «Centron» Ameron. Метод ремонта заключается замене поврежденной трубы фланцевыми патрубками ремонтного комплекта.

Сложность такого ремонта заключается в том, что существует риск возникновения разности длин заменяемой трубы и ремонтного комплекта. Такое явление возникает из-за разности температур монтажа и эксплуатации а также возможных остаточных механических напряжения как следствие порыва.

Если ремонтный комплект короче, то возможно стянуть участки трубопровода затяжными болтами фланцевого соединения ремонтного комплекта. Если зазор больше допустимого значения, то необходимо откопать больше секций труб, или установить утолщенную шайбу с дополнительной прокладкой между фланцами.

В случае, если ремонтная труба длиннее, то ремонт усложняется. В таком случае приходится изгибать концы освободившегося трубопровода, при этом необходимо откопать на достаточное расстояние, чтобы не превышать допустимого радиуса изгиба трубы.

					2. Объект исследования. Опыт эксплуатации композитных трубопроводов на месторождениях Гомской области	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таким образом, остается актуальным вопрос разработки методики ремонта стекловолоконных трубопроводов, позволяющих избавиться от трудностей использования фланцевого ремонтного комплекта.

					2. Объект исследования. Опыт эксплуатации композитных трубопроводов на месторождениях Томской области	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

3. Сооружение нефтесборных трубопроводов из стеклобазальтоволоконных труб

Рассмотрим применение стеклобазальтоволоконных труб при сооружении промышленных и технологических трубопроводов. Для примера будет использована информация по рассматриваемому в [1] нефтесборному трубопроводу, подлежащему техническому перевооружению.

Одной из основных причин повышенной скорости коррозии рассматриваемого нефтесборного стального трубопровода является высокая обводненность транспортируемой среды. Одним из мероприятий по повышению эксплуатационных свойств определено применение стеклобазальтоволоконных труб.

3.1. Технические характеристики нефтесборного трубопровода

Трасса трубопровода проходит от мультифазной насосной станции (МФНС) на месторождении до установки подготовки нефти (УПН). Длина трассы составляет 20 км. Профиль трассы рассматриваемого промышленного трубопровода представлен на рисунке 30.

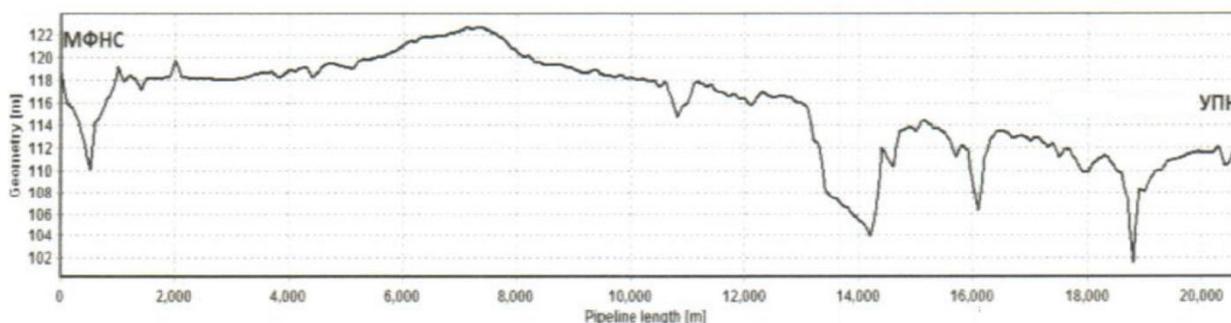


Рисунок 30 – Профиль трубопровода

Технические характеристики данного трубопровода представлены в таблице 4.

					Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Стрюк С.О.			3. Сооружение нефтесборных трубопроводов из стеклобазальтоволоконных труб	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков П.В.					51	128
Консульт.						Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ01		
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.						

Давление на выходе насосной станции составляет 2,6 МПа. Внутреннее изоляционное покрытие на трубопроводе отсутствует.

Информация о наличии переходов через преграды, об электрохимической активности грунта отсутствует.

Рассматриваемый трубопровод выполнен из труб конструкционной легированной стали 13ХФА. Согласно спецификации, такие изделия обладают стойкостью к коррозии, растрескиванию (водородному, сероводородному, сульфидному), эксплуатации при низких температурах характерных для Крайнего Севера. Данная марка стали содержит следующие химические элементы: марганец (0,20 – 0,40 %), хром (0,4 – 0,7 %) и кремний (0,2 – 0,4 %). Все это обеспечивает таким трубам хорошие показатели износостойкости, прочности и текучести материала [7, 8].

Таблица 4 – Технические характеристики трубопровода, подлежащего техническому перевооружению

Параметр	Значение
Диаметр наружный, мм	325
Толщина стенки, мм	8
Длина, км	20
Материал трубопровода	13ХФА
Глубина прокладки, м	2

Технологическая схема рассматриваемого участка нефтесборного трубопровода представлена на рисунке 31.

Откачка с МФНС осуществляется двумя мультифазными насосами MR-250 IV, с мощностью электродвигателя 710 кВт в постоянном режиме. Рабочее давление насосов откачки МФНС составляет 2,6 МПа.

Рассматриваемый участок оборудован камерами пуска и приема очистных устройств (КП.ОУ и и КПр.ОУ соответственно). К коллектору подключены нефтегазосборные сети с кустов скважин под номерами 10, 12, 16, 18А, 19, 15.

Информация о пересечении нефтесборного трубопровода с преградами или коммуникациями отсутствует. Сделать вывод о наличии защитных кожухов невозможно.

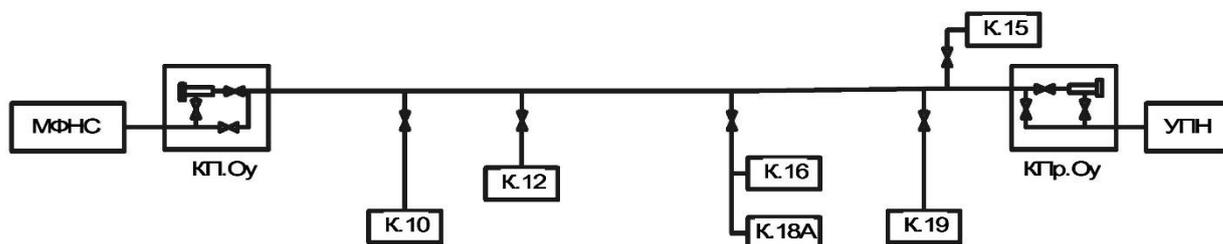


Рисунок 31 — Технологическая схема нефтесборного трубопровода, подлежащего техническому перевооружению

3.2. Определение возможности применения композитных труб

Для определения возможности практического применения стекловолоконных и базальтоволоконных труб как замены стальным, необходимо знать – выдержат ли такие трубы нагрузку, которой подвергается нефтепровод.

3.2.1. Построение САД-моделей катушки

Ответить на поставленный вопрос о возможности стеклобазальтоволоконных труб выдержать необходимые нагрузки можно при помощи компьютерного моделирования работы участка трубы в программном комплексе Ansys. Для этого были построены две САД-модели катушек труб типоразмеров 316x8, 327x13 мм в программе Autodesk Inventor. Длина катушек составляет 11 м.

С целью упрощения построения модели было принято допущение – удалено резьбовое соединение на концах трубы, которое имеют заводские трубы, представленное на рисунке 32. Сечение катушки представлено на рисунке 33.

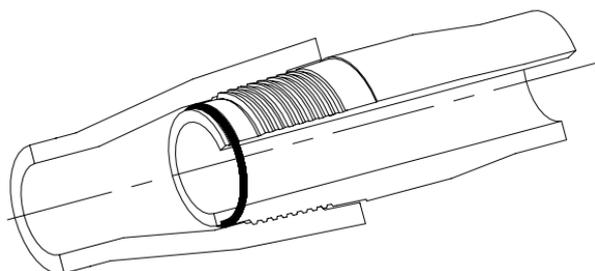


Рисунок 32 – Резьбовое соединение реальных стекловолоконных труб

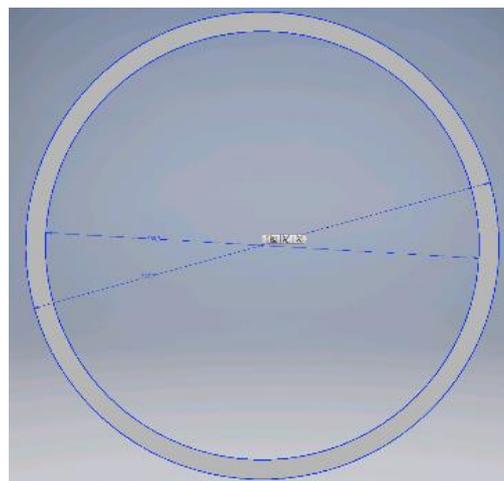


Рисунок 33 – Сечение модели катушки трубы

3.2.2. Оценка основных нагрузок, действующих на трубу

При расчете напряженно-деформированного состояния (НДС) катушки подземного нефтепровода рассмотрены следующие нагрузки:

- Давление транспортируемой среды на внутреннюю поверхность трубы, равное 2,6 МПа;

- Давление грунта на трубу.

Приняты следующие допущения:

- Отсутствует продавливание грунта под трубой. Установлено перемещение нижней образующей трубы равно нулю по вертикальной оси Y;

- Модель имеет следующие опоры: консольная заделка (Fixed support) с одного торца, и подвижная опора (Frictionless Support) с другого торца;

- Давление грунта на трубу учитывается только по вертикальной оси Y.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.2.3. Расчет давления грунта на трубу

Давление грунта на трубопровод определяется по формуле из [9]:

$$P_r = \alpha \cdot \gamma \cdot H, \quad (1)$$

где α – коэффициент снижения нагрузки вследствие арочного эффекта при прокладке подземного трубопровода в траншее, $\alpha = 0,8$;

γ – плотность грунта, кН/м³. Средняя плотность составляет 19 кН/м³.

H – заглубление трубопровода, м. Для рассматриваемого участка составляет 2 м.

Таким образом, подставив в формулу 1 получим:

$$P_r = 0,8 \cdot 19 \cdot 2 = 30,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} = 0,03 \text{ МПа.}$$

3.2.4. Результаты расчета в Ansys

В результате расчета НДС для катушек двух типоразмеров 316x8, 327x13 мм стекловолоконной трубы получены следующие результаты (рисунки 34, 35, 36, 37):

- Максимальное расчетное напряжение для катушки 316x8 мм составляет 113,3 МПа;
- Максимальное расчетное напряжение для катушки 327x13 мм составляет 69,19 МПа;
- Максимальные общие перемещения катушки 316x8 мм составляют $\pm 1,39$ мм;
- Максимальные общие перемещения катушки 327x13 мм составляют $\pm 0,76$ мм.

					3. Сооружение нефтесборных трубопроводов из стеклобазальтоволоконных труб	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

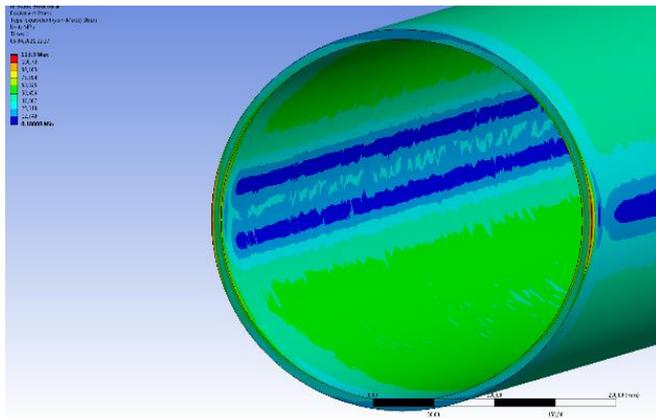


Рисунок 34 – Расчетные напряжения катушки 316x8 мм

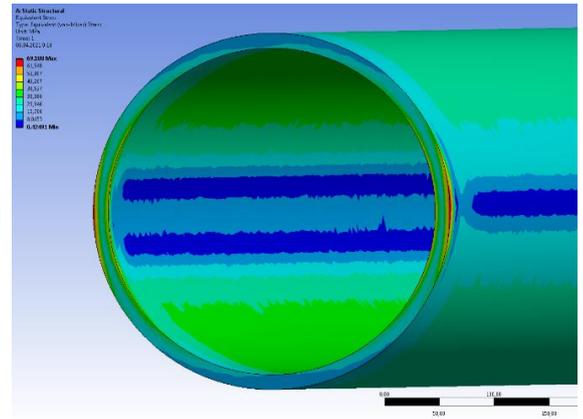


Рисунок 35 – Расчетные напряжения катушки 327x13 мм

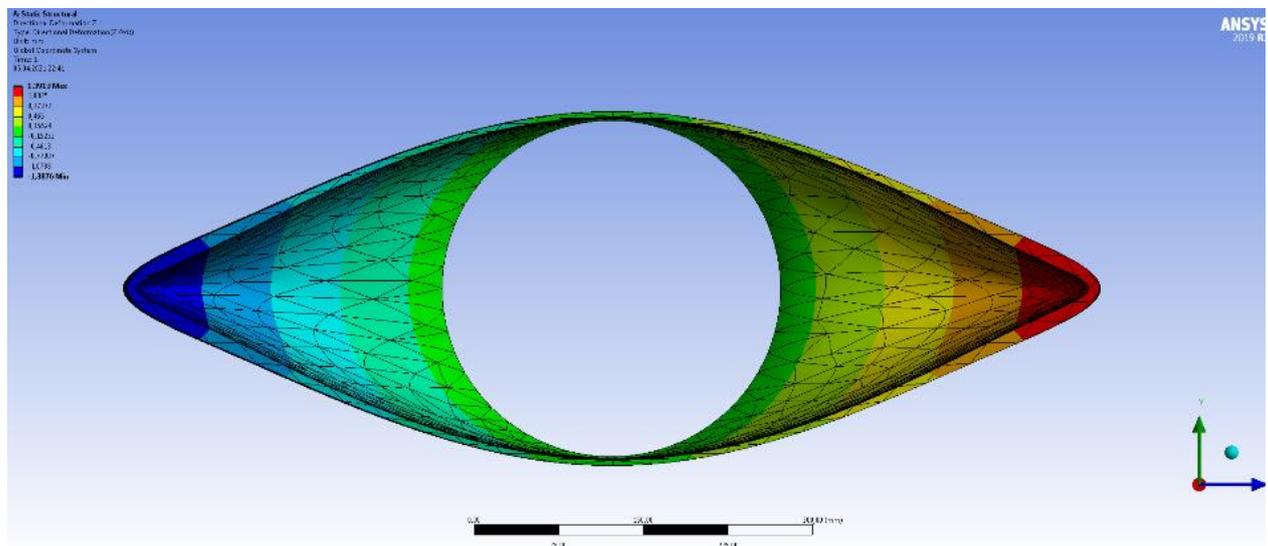


Рисунок 36 – Общие перемещения катушки 316x8 мм

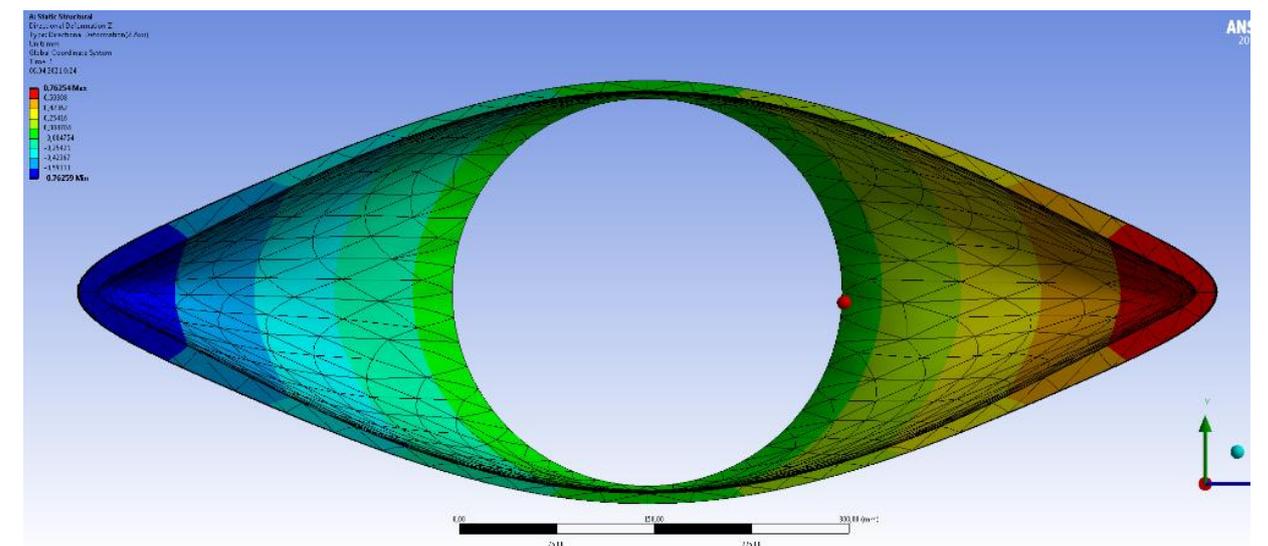


Рисунок 37 – Общие перемещения катушки 327x13 мм

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.2.5. Определение прочностных характеристик образцов композитных труб (испытания на растяжение)

Так как предел текучести у стекловолокна в Ansys отсутствует, то программно рассчитать коэффициент запаса прочности у рассматриваемой трубы невозможно.

Для расчета коэффициента запаса прочности стекловолоконной трубы необходимо знать минимальное разрушающее трубу давление. Определить данный параметр возможно путем проведения испытаний на растяжение на комплексе для испытаний, рисунок 38.



Рисунок 38 – Комплекс для испытаний на растяжение

В ходе выполнения работы были университетом были закуплены 8 образцов стекловолоконных и базальтоволоконных труб у производителя. Автором работы были подготовлены образцы и проведены испытания в соответствии с [10], рисунок 39. Пример результатов испытаний, занесённых в протокол, представлен на рисунке 40.



Рисунок 39 – Испытание образца
стекловолоконной трубы

Протокол №
испытания образцов на растяжение по ГОСТ 1497-84
на машине МИРИ-500К-1 №19

Дата 20.02.03	Время 23:07:32
Номер образца	71
Материал	Стеклопластик
Температура в помещении	20.0

1. Начальные размеры образца

Расчетная длина, мм	150.00
Рабочая длина L_D , мм	100.00
Ширина, мм	9.67
Толщина, мм	10.25
Площадь поперечного сечения, мм ²	99.13

2. Измеренные характеристики и результаты

Нагрузка при пределе пропорциональности, кН	6.6
Нагрузка при пределе упругости (0.05%), кН	6.9
Нагрузка при верхнем пределе текучести, кН	5.7
Нагрузка при нижнем пределе текучести, кН	5.7
Максимальная нагрузка, кН	10.2
Предел пропорциональности σ_{pp} , МПа	66.6
Предел упругости (0.05%), МПа	69.5
Верхний предел текучести, МПа	57.4
Нижний предел текучести, МПа	57.4
Временное сопротивление, МПа	102.6
Относительное равномерное удлинение, %	0.5
Относительное удлинение после разрыва, %	0.6
Относительное сужение после разрыва, %	0.0

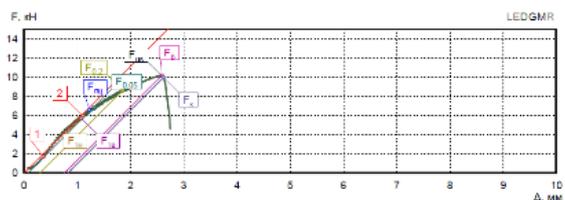


Рисунок 40 – Протокол с результатом
испытаний

Результаты испытаний двух из восьми закупленных труб, которые соответствуют применяемым в компьютерной модели представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Результаты испытаний трубы 316x8 мм

Образец 316x8 мм	Минимальное разрушающее давление, МПа
1	81,6
2	84,3
3	76,0
4	82,6
5	90,2
6	74,5
Среднее	81,5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Таблица 6 – Результаты испытаний трубы 327x13 мм

Образец 327x13 мм	Минимальное разрушающее давление, МПа
1	117,4
2	113,6
3	120,8
4	116,3
5	114,9
Среднее	116,6

3.2.6. Расчет коэффициента запаса прочности

Расчет проводился в соответствии с методикой, представленной в [11]. Коэффициент запаса прочности для композитных труб рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{\sigma_{\text{разр}}}{\sigma_{\text{max}}}, \quad (2)$$

где $\sigma_{\text{разр}}$ – минимальное разрушающее давление стекловолоконной трубы, МПа;

σ_{max} – максимальное расчетное напряжение, МПа. Определено в результате расчета в Ansys.

- Для катушки 316x8 мм:

$$n = \frac{81,5}{113,3} = 0,72.$$

- Для катушки 327x13 мм:

$$n = \frac{116,60}{69,19} = 1,68.$$

Таким образом, модель катушки 316x8 имеет коэффициент запаса ниже 1 – не выдерживает нагрузку, а труба 327x13 мм уже способна выдержать рабочие нагрузки рассматриваемого нефтепровода.

3.3. Расчет сокращения потерь напора на трение

Исходные данные для выполнения гидравлического расчета стекловолоконного нефтесборного трубопровода. Расчетные параметры взяты для катушки 327x13 мм.

Абсолютная шероховатость стекловолоконной трубы взята из документации поставщика стекловолоконных труб.

Все исходные данные для гидравлического расчета стекловолоконного трубопровода представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Исходные данные для гидравлического расчета стекловолоконного нефтесборного трубопровода

Параметр	Единицы измерения	Значение
Длина трубопровода, L	км	20
Диаметр наружный, D _н	мм	327
Толщина стенки, δ	мм	13
Абсолютная шероховатость, Δ	мм	0,015
Суточный объем перекачки, Q _{сут}	м ³ /сут	6505,9
Плотность транспортируемой среды, ρ	кг/м ³	853,8
Средняя динамическая вязкость транспортируемой среды, μ	Па·с	0,051

• Среднюю скорость потока транспортируемой среды определим по формуле:

$$\omega = \frac{4 \cdot Q_c}{\pi \cdot d^2}, \quad (3)$$

где Q_c – секундный расход перекачки, м³/с;

d – внутренний диаметр трубопровода, м.

• Секундный расход перекачки определим следующим образом:

$$Q_c = \frac{Q_{\text{сут}}}{3600 \cdot 24} = \frac{6505,9}{3600 \cdot 24} = 0,0753 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (4)$$

• Внутренний диаметр трубопровода определим по формуле:

$$d = D_n - 2 \cdot \delta, \quad (5)$$

где D_n – наружный диаметр трубопровода, м;

δ – толщина стенки трубы, м.

Подставив в формулу 5 значения получим:

$$d = 0,327 - 2 * 0,013 = 0,301 \text{ м.}$$

Таким образом, средняя скорость потока по формуле 3 будет равна:

$$\omega = \frac{4 \cdot 0,0753}{3,14 \cdot 0,301^2} = 1,06 \text{ м/с.}$$

- Определим число Рейнольдса по формуле:

$$Re = \frac{\omega \cdot d}{\nu}, \quad (6)$$

где ν – кинематическая вязкость транспортируемой среды, м²/с.

- Кинематическая вязкость транспортируемой среды определяется по формуле:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \quad (7)$$

где μ – динамическая вязкость транспортируемой среды, Па·с;

ρ – плотность транспортируемой среды, кг/м³.

Подставив значения из таблицы 7 в формулу 7 получим:

$$\nu = \frac{0,051}{853,8} = 5,973 * 10^{-5} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}.$$

Таким образом, число Рейнольдса будет равным:

$$Re = \frac{1,06 * 0,301 * 10^5}{5,973} = 5342.$$

Так как $Re > 2320$, то режим течения турбулентный.

- Определим зону турбулентного течения.

$$2320 < Re < 10 * \frac{d}{\Delta},$$

где Δ – абсолютная эквивалентная шероховатость трубы, мм.

Подставив значение абсолютной шероховатости из таблицы 7, получим:

$$2320 < 5342 < 10 * \frac{301}{0,015};$$

$$2320 < 5342 < 20067.$$

					3. Сооружение нефтесборных трубопроводов из стеклобазальтоволоконных труб	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Так как число Рейнольдса попадает в диапазон от 2320 до $10 \cdot \frac{d}{\Delta}$, то течение среды в стекловолоконном трубопроводе происходит в зоне гидравлически гладких труб турбулентного течения.

- Определим коэффициент гидравлического сопротивления по формуле Блазиуса:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} = \frac{0,3164}{5342^{0,25}} = 0,037. \quad (8)$$

- Потери напора на трение определим по формуле:

$$\Delta h = \frac{\lambda * L * \omega^2}{2g * d}, \quad (9)$$

где L – длина трубопровода, м;

g – ускорение свободного падения (равно $9,81 \text{ м/с}^2$).

Подставив значения в формулу 9 получим:

$$\Delta h = \frac{0,037 * 20000 * 1,06^2}{2 * 9,81 * 0,301} = 140,8 \text{ м.}$$

- Потери давления по длине трубопровода определим по формуле:

$$\Delta P_k = \frac{\lambda * L * \rho * \omega^2}{2 * d} = \frac{0,037 * 20000 * 853,8 * 1,06^2}{2 * 0,301} = 1,18 \text{ МПа.} \quad (10)$$

Сравним сокращение потерь давление по длине трубопровода относительно действующего стального трубопровода. Из отчета по эксплуатации стального нефтесборного трубопровода известно, что реальные потери давления по длине трубопровода составляют $2,02 \text{ МПа}$.

$$\frac{\Delta P_k}{\Delta P_{ст}} = \frac{1,18}{2,02} = 0,59;$$

$$1 - 0,59 = 0,41 = 41 \text{ \%}.$$

Таким образом, для данного участка нефтесборного трубопровода, при перекачке нефти по стекловолоконному трубопроводу, при неизменных условиях, потери напора по длине трубопровода сокращаются на 41% по сравнению со стальным.

					3. Сооружение нефтесборных трубопроводов из стеклобазальтоволоконных труб	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

3.4. Разработка метода постоянного ремонта стеклопластикового трубопровода

3.4.1. Земляные работы

					3. Сооружение нефтесборных трубопроводов из стеклобазальтоволоконных труб	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.4.2. Ремонтные работы

					3. Сооружение нефтесборных трубопроводов из стеклобазальтоволоконных труб	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.4.3. Обратная засыпка траншеи

					3. Сооружение нефтесборных трубопроводов из стеклобазальтоволоконных труб	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.5. Разработка метода временного ремонта стеклопластикового трубопровода

3.6. Планируемые дальнейшие исследования

					3. Сооружение нефтесборных трубопроводов из стеклобазальтоволоконных труб	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Результаты проведенного исследования

В ходе выполнения магистерской диссертации был проведен анализ представленных на рынке стеклобазальтоволоконных труб. Рассмотрены трубы, их технические характеристики, применяемые типы соединения, фитинги и их характеристики производства компаний Ameron и ООО «Татнефть-Пресскомпозит».

В первом разделе работы приведен анализ продукции предприятий, занимающихся выпуском стекловолоконных труб и фитингов. Исследованы типы соединений для выпускаемой трубной продукции, их технические характеристики.

Подробно изучена технология непрерывной намотки стеклопластиковых труб и фасонных изделий, применяемая ООО «Татнефть-Пресскомпозит», а также контроль качества и гидравлические испытания готовой продукции.

Исследован новый ГОСТ Р 59411 – 2021 «Трубопроводы промышленные из стеклопластиковых труб. Правила проектирования и эксплуатации», разработанный по заказу ООО «Татнефть-Пресскомпозит». В данном документе представлена информация о предписываемых методах ремонта (установка хомута и замена поврежденной трубы).

Изучены технологии, позволяющие повысить структурную прочность стеклобазальтопластиковых труб – применение объемно-армированных преформ. Такие преформы изготавливаются 3D ткачеством, например, российским предприятием ООО «СмартСервис».

Во втором разделе работы приведен объект исследования работы – водовод низкого давления, выполненный из стекловолокнистых труб производства компании Ameron, его технические характеристики, технологическая схема, информация по опыту эксплуатации.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб			
Разраб.		Стрюк С.О.			Результаты проведенного исследования	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков П.В.					69	128
Консульт.						Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ01		
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.						

В эксплуатирующей организации имеется аварийный запас труб, фитингов и ремонтные комплекты для стекловолокнистых труб «Centron» Ameron, согласно [5].

Приведен регламент по ремонту данного трубопровода, действующий в эксплуатирующей организации, порядок взаимодействия различных подразделений организации по обнаружении и ликвидации аварии на данном трубопроводе.

Так же был изучен общий опыт эксплуатации неметаллических трубопроводов нефтегазодобывающего предприятия. Значительное количество неметаллических трубопроводов предприятия выведены из эксплуатации (ГПМТ и МПТ). Из имеющихся стекловолокнистых трубопроводов (Ameron) и стеклопластиковых трубопроводов остается в эксплуатации около 90% участков трубопроводов. Особо отмечается недостаток на складах ремонтных комплектов к неметаллическим трубам.

В третьем разделе работы приводятся результаты выполнения работы. Для одного из нефтесборных трубопроводов предприятия проанализирована возможность технического перевооружения с целью повышения эксплуатационных свойств.

Для определения возможности применения стеклобазальтоволоконных труб как замену стальным было выполнено моделирование работы композитного трубопровода при реальных условиях эксплуатации в программном комплексе Ansys.

В ходе выполнения работы были закуплены 8 образцов стекловолоконных и базальтоволоконных труб у производителя. Автором работы были подготовлены образцы и проведены испытания в соответствии с нормативной документацией. Для построения моделей использованы данные полученные по результатам испытаний. Сделан вывод о возможности стекловолоконных труб.

					Результаты проведенного исследования	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для рассматриваемого участка выполнен гидравлический расчет стекловолоконного трубопровода. Потери напора по длине трубопровода сокращаются на 41% по сравнению со стальным, при перекачке нефти по стекловолоконному трубопроводу, при неизменных условиях.

Для рассматриваемого нефтесборного трубопровода в случае его технического перевооружения и исполнения стеклопластиковыми трубами разработан и предложен метод постоянного ремонта.

С целью проверки качества предложенного метода постоянного ремонта запланировано дальнейшее проведение экспериментальных исследований.

					Результаты проведенного исследования	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа 2БМ01		ФИО Стрюк Сергей Олегович	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб	
Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оценка стоимости материально-технических, энергетических, финансовых ресурсов при выполнении работ по техническому перевооружению нефтесборного коллектора
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	ГОСТ Р 59411-2021 Трубопроводы промышленные из стеклопластиковых труб. Правила проектирования и эксплуатации
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Налоговый кодекс Российской Федерации ФЗ №67 от 24.07.2009 в ред. от 26.03.2022 г.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Обоснование применения стеклобазальтоволоконных труб для технического перевооружения нефтесборного коллектора
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Оценка и расчет земляных и строительно-монтажных работ при сооружении стекловолоконного нефтесборного трубопровода
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Расчет основных затрат, необходимых для проведения технического перевооружения промышленного трубопровода
Перечень графического материала:	
1. Структура затрат по категориям при прокладке стекловолоконного трубопровода	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Шарф И.В.	Д.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ01	Стрюк Сергей Олегович		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В рамках выполнения настоящей работы предлагается провести техническое перевооружение действующего стального нефтесборного коллектора на стекловолоконных. Действующий стальной объект имеет проблему повышенной скорости коррозии ввиду высокой обводнённости транспортируемой среды. Применение стекловолоконных труб позволит повысить эксплуатационные свойства трубопровода.

В данном разделе приводится расчет стоимости работ при техническом перевооружении действующего нефтесборного коллектора одного из месторождений Томской области.

4.1. Анализ условий, необходимых для расчета

Техническое перевооружение стального трубопровода на стеклопластиковый выполняется согласно [5]. Работы по сооружению нового стеклопластикового трубопровода выполняются в одном техническом коридоре с действующим стальным. Затраты, связанные с последующим демонтажем стального трубопровода, не учитываются в расчетах.

Технологическая схема рассматриваемого участка нефтесборного трубопровода представлена на рисунке 48.

Трасса трубопровода проходит от МФНС на месторождении до УПН. Длина трассы составляет 20 км.

Рассматриваемый участок оборудован камерами пуска и приема очистных устройств (КП.ОУ и КПр.ОУ соответственно). К коллектору подключены нефтегазосборные сети с кустов скважин под номерами 10, 12, 16, 18А, 19, 15.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб			
Разраб.		Стрюк С.О.			4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков П.В.					73	128
Консульт.		Шарф И.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ01		
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.						

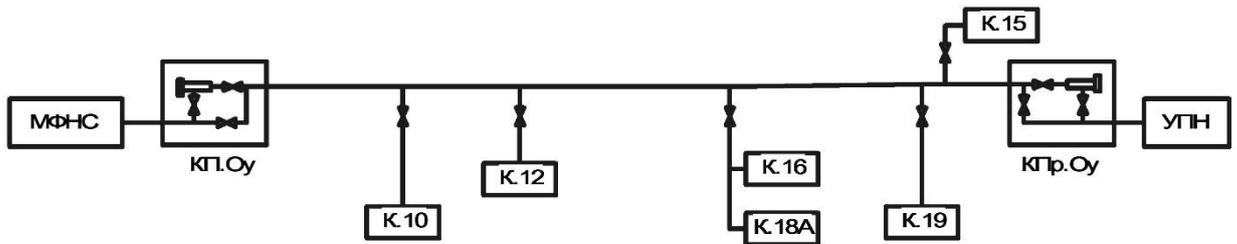


Рисунок 48 — Технологическая схема трубопровода

Таблица 8 – Исходные данные

Параметр	Значение
диаметр наружный, мм	325
толщина стенки, мм	8
Длина, км	20

Таблица 9 – Исходные данные по грунтам

Категория грунта	Вид грунта	Плотность грунта, кг/м ³	Число ударов плотномера ДорНИИ	Коэффициент разрыхления, К _р	Удельное сопротивление резанию, кПа
3	Крепкий суглинок, глина средней крепости влажная или разрыхленная, аргиллиты и алевролиты	1600-2000	9-16	1,3	100-160
	Песок	1300	-	1,17	

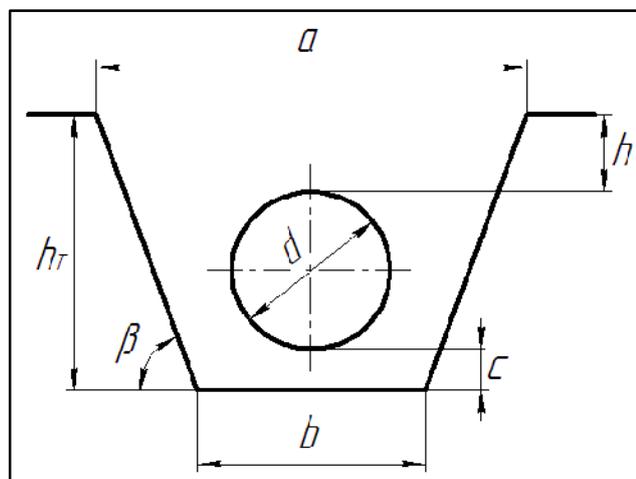


Рисунок 49 – Поперечный профиль траншеи трубопровода

- Ширина траншеи: согласно [5] ширина траншеи по дну при диаметрах стеклопластиковых трубопроводов до 450 мм рассчитывается по формуле:

$$B = DN + 300 \text{ мм}, \quad (11)$$

$$B = 325 + 300 = 625 \text{ мм}.$$

- Глубина траншеи:

$$h_{\text{т}} = DN + h + C, \quad (12)$$

где h – глубина заглубления трубопровода, согласно [12, 13] для газонефтепроводов, прокладываемых в болотистой местности, при отсутствии проезда автотранспорта составляет 0,6 м;

C – толщина подсыпки из гравия, равная 0,2 м, согласно [5].

$$h_{\text{т}} = 325 + 600 + 200 = 1125 \text{ мм}.$$

- Профиль траншеи в соответствии со [12] принимаем трапецеидальным (рисунок 49).

Крутизна откосов траншеи для рассматриваемого грунта составляет 1:0,5 согласно таблице 10.

Таблица 10 – Крутизна откосов

№ п.п.	Виды грунтов	Крутизна откоса (отношение его высоты к его заложению) при глубине выемки, м, не более		
		1,5	3,0	5,0
1.	Насыпные неслежавшиеся	1:0,67	1:1	1:1,25
2.	Песчаные	1:0,5	1:1	1:1
3.	Супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
4.	Суглинок	1:0	1:0,5	1:0,75
5.	Глина	1:0	1:0,25	1:0,5
6.	Лессовые	1:0	1:0,5	1:0,5

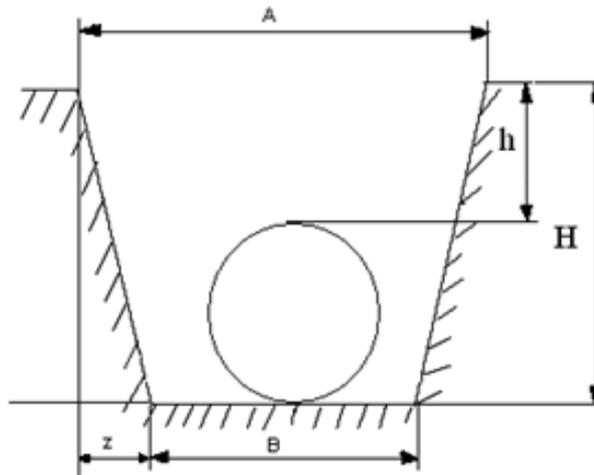


Рисунок 50 – Упрощенный профиль траншеи

Другие параметры траншеи определяются согласно рисунку 50:

$$z = \frac{A-B}{2}, \quad (13)$$

где B – ширина траншеи по дну, м;

A – длина основания трапеции, м;

z – ширина откоса траншеи.

- Длина основания трапеции:

Длину основания траншеи определим по формуле:

$$A = 2 \cdot z + B. \quad (14)$$

Составим пропорцию:

$$\frac{h_T}{z} = \frac{1}{0,5}, \quad \frac{1125}{z} = \frac{1}{0,5},$$

$$z = 562,5 \text{ мм.}$$

Таким образом, длина основания траншеи:

$$A = 2 \cdot 562,5 + 625 = 1750 \text{ мм.}$$

- Площадь поперечного сечения трапециевидальной траншеи:

$$S_{\text{сечен}} = \frac{B+A}{2} \cdot h_T, \quad (15)$$

где h_T – глубина траншеи, м;

B – ширина траншеи по дну, м;

A – длина основания трапеции, м.

$$S_{\text{сечен}} = \frac{0,625+1,75}{2} \cdot 1,125 = 1,34 \text{ м}^2.$$

4.2. Расчет объемов и стоимости грунта, необходимого для засыпки

- Площадь поперечного сечения гравийной подложки:

Длина основания трапеции подложки (определяется аналогично длине основания трапеции всей траншеи):

$$A_{\text{п}} = 2 \cdot z_{\text{п}} + B. \quad (16)$$

Составим пропорцию:

$$\frac{C}{z} = \frac{1}{0,5}, \quad \frac{200}{z} = \frac{1}{0,5},$$

$$z_{\text{п}} = 100 \text{ мм},$$

$$A_{\text{п}} = 2 \cdot 100 + 625 = 825 \text{ мм}.$$

Далее, площадь поперечного сечения гравийной подложки определим по формуле:

$$S_{\text{сечен.подл}} = \frac{B+A_{\text{п}}}{2} \cdot C, \quad (17)$$

$$S_{\text{сечен.подл}} = \frac{0,625+0,825}{2} \cdot 0,2 = 0,145 \text{ м}^2.$$

- Необходимый объем гравия для подложки:

$$V_{\text{гр}} = S_{\text{сечен.подл}} \cdot L, \quad (18)$$

где L – длина участка трубопровода, равная 20 км.

$$V_{\text{гр}} = 0,145 \cdot 20000 = 2900 \text{ м}^3.$$

- Объем грунта в целике:

$$V_{\text{земли}} = S_{\text{сечен}} \cdot L, \quad (19)$$

$$V_{\text{земли}} = 1,34 \cdot 20000 = 26800 \text{ м}^3.$$

					4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Фактический объем земляных работ на объекте:

$$V_{\text{фактич.работ}} = K_p \cdot V_{\text{земли}}, \quad (20)$$

где K_p – коэффициент разрыхления грунта принимаем $K_p = 1,3$ согласно исходным данным (таблица 9).

$$V_{\text{фактич.работ}} = 1,3 \cdot 26800 = 34840 \text{ м}^3 = 34,84 \text{ тыс. м}^3.$$

- Стоимость необходимого привозного гравия для подложки:

Цена кубического метра гравия фракции 5-20 мм для устройства подложки под трубопровод без учета доставки составляет 1200 рублей [14].

Таким образом, стоимость 2900 м³ гравия для отсыпки подложки 20 км трубопровода: $1200 \cdot 2900 = 3\,480\,000$ руб.

- Для засыпки траншеи после укладки трубопровода используется ранее разработанный грунт из отвалов.

4.3. Расчет необходимой техники и затрат на топливо

Для расчета затрат на топливо, а также объёмов работ на объекте, необходимо рассчитать количество единиц техники.

Время, затраченное на копание траншеи, определим исходя из норм времени на земляные работы.

Норма времени на разработку грунта 100 м³ 3 категории при устройстве траншей гидравлическими одноковшовыми экскаваторами, оборудованными обратной лопатой с вместимостью ковша 1,1 м³ составляет 2,2 маш-ч. [15].

- Необходимое количество экскаваторов:

Техническая производительность одноковшовых экскаваторов определяется по формуле:

$$П_{\text{ТХ}} = \frac{3600 \cdot q \cdot K_H}{t_{\text{ц}} \cdot K_p}, \quad (21)$$

где q – вместимость ковша, м³ (таблица 11);

					4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

K_n – коэффициент наполнения ковша для влажной глины принимаем 1,5 (таблица 12);

$t_{ц}$ – продолжительность цикла, ч.

Таблица 11 – Технические характеристики экскаватора KOMATSU PC300-7.

Параметр	Значение
Вместимость ковша, м ³	1,1
Габариты:	
Длина, мм	6980
Ширина, мм	3190
Высота, мм	3400
Тип ходового устройства	гусеничный
Скорость передвижения, км/ч	5,5
Мощность двигателя, л.с.	245
Управление механизмами	гидравлическое
Глубина копания, мм	6355
Масса экскаватора, т	30,8
Давление на грунт, кгс/см ²	0,63
Продолжительность цикла	15

Таблица 12 – Максимальные значения коэффициента наполнения K_n .

Наименование грунтов	Коэффициент наполнения K_n для одноковшовых экскаваторов	
	Прямая и обратная лопата	Драглайн
Песок и гравий влажные	1,15 - 1,23	1,10 - 1,20
Суглинок сухой	1,05 - 1,12	0,80 - 1,00
Суглинок влажный	1,20 - 1,32	1,15 - 1,25
Глина средняя	1,08 - 1,18	0,98 - 1,06
Глина влажная	1,50	1,18 - 1,28
Глина тяжелая	1,00 - 1,10	0,95 - 1,00

Таким образом, техническая производительность экскаватора по формуле (11):

$$P_{ТХ} = \frac{3600 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{15 \cdot 1,3} = 305 \frac{м^3}{ч}$$

Эксплуатационная производительность определяется по формуле:

$$P_{Э} = P_{ТХ} \cdot K_y \cdot K_B, \quad (22)$$

где K_y – коэффициент, зависящий от уровня квалификации машиниста экскаватора, принимаем 0,98;

K_B – коэффициент использования экскаватора в смену, принимаем 0,75 (при отгрузке в отвал).

Таким образом, эксплуатационная производительность:

$$P_{\text{э}} = 305 \cdot 0,98 \cdot 0,75 = 224 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Количество часов работы экскаватора:

$$t = \frac{V_{\text{фактич.работ}}}{P_{\text{э}}}, \quad (23)$$

$$t = \frac{34840}{224} = 156 \text{ ч.}$$

Исходя из нормы времени на разработку грунта 100 м^3 3 категории при устройстве траншей гидравлическими одноковшовыми экскаваторами, оборудованными обратной лопатой с вместимостью ковша $1,1 \text{ м}^3$ составляющей 2,2 маш-ч. [15], количество часов работы экскаватора:

$$t_{\text{норм}} = \frac{V_{\text{фактич.работ}} \cdot 2,2}{100}, \quad (24)$$

$$t_{\text{норм}} = \frac{34840 \cdot 2,2}{100} = 767 \text{ ч.}$$

Так как количество часов работы при одном используемом экскаваторе KOMATSU PC300-7 уже меньше чем нормативное число часов, то для выполнения работ достаточно одного экскаватора.

- Рассчитаем необходимое количество бульдозеров:

Таблица 13 – Технические характеристики бульдозера Komatsu D375A-5.

Параметр	Значение
Мощность, кВт	391
Масса бульдозера, кг	49800
Объем отвала, м^3	18,5
Ширина отвала, мм	4695
Высота отвала, мм	2265
Подъем отвала, мм	1660
Угол резания, град	55,6

- Найдем объем призмы волочения по формуле:

$$V = \frac{(H-h)^2 \cdot B \cdot K_{\text{пот}}}{2 \cdot \text{tg} \varphi_0 \cdot K_p}, \quad (25)$$

Где $K_{\text{пот}}$ – коэффициент, учитывающий потери грунта в процессе перемещения призмы, определяется по формуле:

$$K_{\text{пот}} = 1 - 0,005 \cdot L_{\text{п}}, \quad (26)$$

$L_{\text{п}} = 25$ м – расстояние, на которое перемещается грунтовая призма.

φ_0 – угол естественного откоса грунта, для глины примем равным 50° ;

B – ширина отвала, м;

h – средняя толщина стружки, определяется: $0,1 \cdot H$, где H – высота отвала.

$$K_{\text{пот}} = 1 - 0,005 \cdot 25 = 0,875,$$

$$V = \frac{(1,125 - 0,1125)^2 \cdot 4,695 \cdot 0,875}{2 \cdot 1,19 \cdot 1,3} = 1,36 \text{ м}^3.$$

- Найдем длину пути резания грунта по следующей формуле:

$$L_p = \frac{0,5 \cdot H^2}{\tan \varphi_0 \cdot h}, \quad (27)$$

$$L_p = \frac{0,5 \cdot 1,125^2}{1,19 \cdot 0,1125} = 4,73 \text{ м.}$$

- Продолжительность работы машины за один цикл t складывается из следующих отрезков времени:

$$t = \sum t_i = t_p + t_n + t_{з.х} + t_{\text{м}} + t_0, \quad (28)$$

где $t_{\text{м}}$ – время переключения передач (6 - 8 с.), примем равным 6 с.;

t_0 – время опускания отвала (2 – 4 с.), примем равным 2 с.;

t_p – время выполнения процессов резания;

t_n – время перемещения грунта;

$t_{з.х}$ – время обратного хода.

Рассчитаем оставшиеся значения:

$$t_p = \frac{3,6 \cdot L_p}{V_p}; t_n = \frac{3,6 \cdot L_n}{V_n}; t_{з.х.} = \frac{3,6 \cdot (L_p + L_n)}{V_{о.х.}}, \quad (29)$$

где $V_p = 2-6$ км/ч - скорость движения при резании бульдозера, примем равным 6 км/ч;

$V_n = 4-8$ км/ч - скорость движения при перемещении бульдозера, примем равным 8 км/ч;

$V_{о.х.} = 5-10$ км/ч - скорость движения при обратном ходе бульдозера, примем равным 10 км/ч.

Значения скоростей выбраны наибольшими из предложенных, так как квалификация машиниста – высокая.

$$t_p = \frac{3,6 \cdot 9,52}{6} = 5,71 \text{ с,}$$

$$t_n = \frac{3,6 \cdot 24}{8} = 10,8 \text{ с,}$$

$$t_{о.х.} = \frac{3,6 \cdot 33,52}{10} = 12,07 \text{ с,}$$

$$t = 5,04 + 10,8 + 11,66 + 6 + 2 = 36,58 \text{ с.}$$

- Производительность бульдозера при резании и перемещении грунта:

$$P_{р.п.} = \frac{3600 \cdot V \cdot K_{и} \cdot K_{у}}{t \cdot K_p}, \quad (30)$$

где $K_{и}$ – коэффициент использования бульдозера по времени 0,85-0,9, примем равным $K_{и} = 0,85$;

$K_{у}$ – коэффициент, учитывающий влияние уклона местности на производительность бульдозера, равен 0,5.

$$P_{р.п.} = \frac{3600 \cdot 5,52 \cdot 0,85 \cdot 0,5}{36,58 \cdot 1,3} = 178 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

- Производительность бульдозера при планировочных работах (разравнивании грунта):

$$P_{\text{раз}} = \frac{3600 \cdot L \cdot (B \cdot \sin \varphi - b_1) \cdot K_{\text{и}}}{n \cdot \left(\frac{L}{V_p} + t_{\text{пов}} \right)}$$

где L – длина планируемого участка, равна 20 км;

b_1 – величина перекрытия прохода, составляет 0,5 м;

n – число проходов по одному месту (1-2), примем равным 1;

V_p – рабочая скорость движения бульдозера при резании (1,67 м/с);

$t_{\text{пов}}$ – время поворота бульдозера (10 с).

$$P_{\text{раз}} = \frac{3600 \cdot 20000 \cdot (4,695 \cdot 1 - 0,5) \cdot 0,85}{1 \cdot \left(\frac{20000}{1,67} + 10 \right)} = 21420 \text{ м}^2/\text{ч.}$$

- Для определения количества единиц техники при выполнении процессов резания и перемещения грунта необходимо определить объем работ $V_{\text{рез}}$ и $V_{\text{пл}}$:

$$V_{\text{рез}} = L \cdot L_{\text{п}} \cdot h \cdot K_p,$$

$$V_{\text{пл}} = L \cdot B_{\text{п}},$$

где $B_{\text{п}}$ – ширина строительной полосы, для земель несельскохозяйственного назначения, отводимых для одного подземного трубопровода для Ду 325 будет равным 25 м;

L – длина строительной полосы, $L = 20$ км;

h – толщина срезаемого слоя грунта (0,3...0,5 м), примем равным 0,3 м.

$$V_{\text{рез}} = 20000 \cdot 25 \cdot 0,3 \cdot 1,3 = 195000 \text{ м}^3,$$

$$V_{\text{пл}} = 20000 \cdot 25 = 500000 \text{ м}^2.$$

Нормы времени по разработке и перемещения 100 м³ грунта используемым бульдозером составляют 0,29 маш-ч. [15].

Нормы времени по расчистке 1000 м² площади используемым бульдозером составляют 1,3 маш-ч. [15].

					4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

- Необходимое время для выполнения работ составит:

$$t_{\text{необх.рез}} = \frac{195000}{100} \cdot 0,29 = 565,5 \text{ часов,}$$

$$t_{\text{необх.пл}} = \frac{500000}{1000} \cdot 1,3 = 650 \text{ часов.}$$

- Необходимая производительность:

$$P_{\text{рез}} = \frac{V_{\text{рез}}}{t_{\text{необх.рез}}} = \frac{195000}{565,5} = 345 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}},$$

$$P_{\text{пл}} = \frac{V_{\text{пл}}}{t_{\text{необх.пл}}} = \frac{500000}{650} = 769 \frac{\text{м}^2}{\text{ч}}.$$

- Необходимое количество бульдозеров:

$$n_{\text{рез}} = \frac{P_{\text{рез}}}{P_{\text{р.п.}}} = \frac{345}{178} = 1,94 \rightarrow 2,$$

$$n_{\text{пл}} = \frac{P_{\text{пл}}}{P_{\text{раз}}} = \frac{769}{21420} = 0,04 \rightarrow 1.$$

Таким образом для выполнения работ необходимо 2 бульдозера.

- Необходимое количество техники и затраты на нее:

Таблица 14 – Необходимое количество техники и затрат на неё

	Бульдозер Komatsu D375A-5	Экскаватор Komatsu PC300-7
Время работы, ч	565,5	156
Количество машин	2	1
Расход топлива, л/час.	79,5	23,1
Цена 1л ДТ в Томской области, руб. [16]	54,79	
Необходимо топлива, л.	89914,5	3603,6
Затраты на ДТ, руб.	4 926 415,46	197 441,24
Итого, руб.	5 123 856,7	

4.4. Затраты на оплату труда

Техническое перевооружение трубопровода ведется на месторождении севера Томской области. Надбавки к заработной плате представлены в таблице 15:

Таблица 15 – Надбавки к заработной плате работника

Надбавка	Коэффициент
Районный коэффициент	1,7
Северная надбавка	1,5

Рассчитаем количество работников, необходимых для технического перевооружения промыслового трубопровода и затраты на их заработную плату.

Работа ведется в три смены по 8 часов. Состав бригады каждой из смен следующий: 3 монтажника, экскаваторщик, 2 бульдозериста, 2 водителя, мастер.

Таким образом, состав всех работников задействованный на объекте следующий: 9 монтажников, 3 экскаваторщика, 6 бульдозеристов, 6 водителей, 3 мастера.

Время работы каждой смены составляет 188,5 часов (52 для экскаваторщиков). Общее время работы же указано в таблице 14.

Таблица 16 – Расчет затрат на ЗП работников

Профессия	Количество	Тарифная ставка, руб./час	Время на проведение мероприятия, ч.	Тарифный фонд ЗП, руб.	Сев. и рай. коэф. 50%+70%	Заработная плата с учетом надбавок, руб.
Мастер	3	165	188,5	93307,5	111969	205276,5
Монтажник	9	102	188,5	173043	207652	380694,6
Экскаваторщик	3	84	52	13104	15724,8	28828,8
Бульдозерист	6	84	188,5	95004	114005	209008,8
Водитель	6	74	188,5	83694	100433	184126,8
Итого	27			458152,5	549783	1 007 935,5

4.5. Затраты на страховые взносы

Затраты на страховые взносы в пенсионный фонд, фонд социального страхования, фонд обязательного медицинского страхования и обязательного

социального страхования от несчастных случаев на производстве представлены в таблице 17.

Рассчитывая затраты на страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, выбираем класс I с тарифом 0,4% для транспортирования по трубопроводам нефти и нефтепродуктов (код по ОКВЭД - 60.30.1).

Таблица 17 – Расчет страховых взносов

Показатель	Мастер	Монтажник	Экскаваторщик	Бульдозерист	Водитель
Количество работников	3	9	3	6	6
ЗП, руб.	205276,50	380694,60	28828,8	209008,80	184126,80
ФСС (2,9%)	5953,02	11040,14	836,035	6061,26	5339,68
ФОМС (5,1%)	10469,10	19415,42	1470,27	10659,45	9390,47
ПФР (22%)	45160,83	83752,81	6342,34	45981,94	40507,90
Страхование от несчастных случаев (тариф 0,4%)	821,11	1522,78	115,315	836,04	736,51
Всего страховых взносов, руб.	62404,06	115731,16	8763,96	63538,68	55974,55
Общая сумма страховых взносов, руб.	306412,4				

4.6. Затраты на амортизационные отчисления и прочие расходы

Затраты определяются исходя из балансовой стоимости основных производственных фондов и нематериальных активов, и утвержденных в установленном порядке норм амортизации, учитывая ускоренную амортизацию их активной части.

Согласно [17] экскаваторы одноковшовые и бульдозеры относят к четвертой группе амортизации (имущество со сроком полезного использования свыше 5 лет до 7 лет включительно). Исходя из этого, для них выбрана соответствующая норма амортизации.

Расчет амортизационных отчислений представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет амортизационных отчислений

Объект	Стоимость (руб.)	Норма амортизации (%)	Норма амортизации и в год (руб.)	Норма амортизации в час (руб.)	Кол-во	Время работы, час.	Сумма амортизации, руб.
Экскаватор	14 000 000	14,3	2002000	228,54	1	156	35652,24
Бульдозер	48 000 000	14,3	6864000	783,56	2	565,5	886206,36
Итого	921 858,6						

Прочие расходы, в число которых входят средства индивидуальной защиты, питание и перевозка бригады рабочих, составляют 10% от фонда оплаты труда: $1\,007\,935,5 \cdot 0,1 = 100\,793,6$ руб.

4.7. Общая сумма затрат

Все рассчитанные показатели можно свести в общую таблицу расходов (таблица 19).

Таблица 19 – Общая сумма затрат

Состав затрат	Сумма затрат, руб.
Гравий	3 480 000,00
Топливо	5 123 856,70
Оплата труда	1 007 935,50
Страховые взносы	306 412,40
Амортизационные отчисления	921 858,60
Прочие расходы	100 793,60
Всего затрат	10 940 856,80
Накладные расходы (20%)	2 188 171,36
Итого	13 129 028,16

Распределение всех видов затрат отображено на рисунке 51.

Структура затрат по категориям, руб

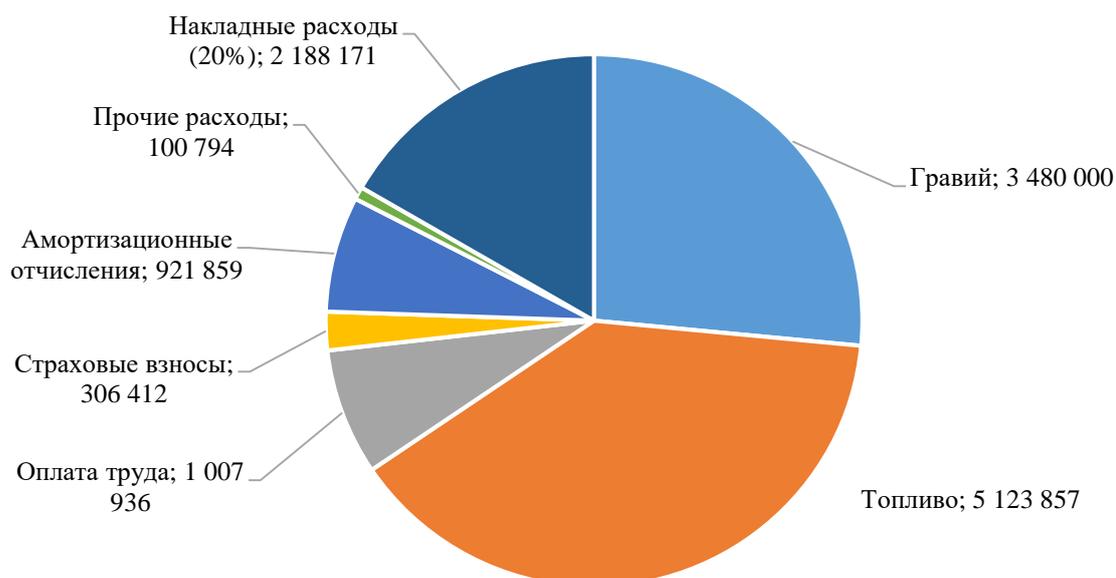


Рисунок 51 – Распределение затрат

4.8. Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В результате выполнения работы были определены основные затраты, необходимые для проведения технического перевооружения промышленного трубопровода.

Общая сумма затрат составила 13,129 млн. рублей. Самая затратная часть проведения данного вида работ – снабжение топливом специальной техники. Затраты на дизельное топливо составили 5,124 млн. рублей.

В ходе выполнения раздела была рассчитана заработная плата 3 бригад рабочих, работающих посменно. Работа осуществляется в Томской области. Районный коэффициент к заработной плате составляет 1,7. Коэффициент северной надбавки составляет 1,5. Сумма затрат на оплату труда составила 1,007 млн. рублей.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 2БМ01		ФИО Стрюк Сергей Олегович	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования:</i> строительно-монтажные работы по сооружению нефтесборного трубопровода из стеклобазальтоволоконных труб; <i>Область применения:</i> промысловые и технологические трубопроводы нефтегазодобывающих предприятий; <i>Рабочая зона:</i> полевые условия; <i>Климатическая зона:</i> местность, приравненная к районам Крайнего Севера, климатический подрайон I В; <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> экскаватор, бульдозер, стеклобазальтоволоконные трубы, трубопроводная арматура и фасонные изделия; <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> земляные работы, засыпка гравийной подушки под трубопровод, монтаж и соединение стеклобазальтоволоконных труб</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018);</i> – <i>ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования;</i> – <i>ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования</i>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Вредные факторы:</i> отклонение показателей микроклимата рабочей зоны; повышенная концентрация вредных веществ в рабочей зоне; превышение уровня шума; – <i>Опасные факторы:</i> движущиеся машины и механизмы; наличие оборудования, работающего под высоким напряжением; – <i>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</i> защитные ограждения, специальная одежда и обувь, рукавицы, перчатки, противошумные наушники, защитные очки, респираторы, противогазы; – <i>Расчет устройства защитного заземления</i>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</p>	<p><i>Воздействие на селитебную зону:</i> снятие плодородного почвенного слоя при разработке траншей прокладываемого трубопровода, при сооружении площадных объектов; <i>Воздействие на литосферу:</i> нарушение сплошности грунта, загрязнение отходами производства, аварийные разливы нефти и нефтепродуктов;</p>

	<p><i>Воздействие на гидросферу:</i> разрушение берегов и русла, аварийные разливы нефти и нефтепродуктов; <i>Воздействие на атмосферу:</i> выбросы от работы двигателей техники, испарения нефти и выброс природного газа вследствие разгерметизации трубопроводов</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</p>	<p><i>Возможные ЧС:</i> пожар, наводнение, выброс нефтепродуктов и газа вследствие разгерметизации трубопровода; <i>Наиболее типичная ЧС:</i> аварийные разливы нефти и нефтепродуктов</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ01	Стрюк Сергей Олегович		

5. Социальная ответственность

Применение стекло-базальтоволоконных труб при сооружении трубопроводов является одним из эффективных способов повышения эксплуатационных свойств. Безусловным преимуществом применения таких труб перед традиционными стальными является их высокая стойкость к агрессивным средам.

В данной выпускной квалификационной работе рассматриваются различные технологии сооружения и ремонта стекло-базальтоволоконных нефтепроводов на примере одного из северных месторождений Томской области. Объектом исследования являются строительные-монтажные работы по сооружению нефтесборного трубопровода из стеклобазальтоволоконных труб на месторождении Томской области с агрессивной добываемой средой. Расположен объект в местности, приравненной к районам Крайнего Севера.

Представленные в работе технологии сооружения и ремонта стеклобазальтоволоконных трубопроводов будут полезны всем нефтегазодобывающим компаниям, заинтересованным в повышении надежности и безопасности своих объектов. Успешное применение композитных труб позволит снизить затраты предприятий на строительство трубопроводов, повысить их эксплуатационные свойства. При эксплуатации стеклобазальтоволоконных трубопроводов предприятиям будут актуальны рассматриваемые в работе методы ремонта трубопроводов.

Социальная ответственность является важным разделом работы, так как именно в ней представлены законодательные основы взаимоотношений работника с предприятием. В данном разделе выделяются и анализируются вредные и опасные факторы, с которыми может столкнуться работник предприятия при выполнении указанных работ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб			
Разраб.		Стрюк С.О.			5. Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков П.В.					91	128
Консульт.		Сечин А.А.				Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ01		
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.						

Знание работниками возможных угроз их безопасности, и предупреждение таких угроз повысит безопасность труда.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Строительство трубопровода ведется на открытом воздухе в летний и зимний период с периодичностью, принятой предприятием. Строительство предполагает выезд рабочих к месту расположения сооружаемого трубопровода, которое может находиться в труднодоступной местности, в непосредственной близости к водным объектам.

Внутренний режим работы устанавливается самим предприятием. Может быть установлена пятидневная рабочая неделя с двумя выходными днями в случае обеспечения предприятием ежедневного возвращения работников в места постоянного проживания. В случае значительного удаления мест производства работ от места постоянного проживания работников применяется вахтовый метод работы [18]. Работник узнает свой режим работы при устройстве на предприятие.

Оплата труда устанавливается предприятием с учетом районного коэффициента и других надбавок, полагающихся работнику. При выполнении работы в условиях Крайнего Севера или приравненных к ним местностям, работники имеют дополнительные права и льготы, отраженные в соответствующем законе [19].

Условия труда по степени вредности определяются проведением специальной оценки условий труда на предприятии. В зависимости от условий труда работнику также могут быть начислены надбавки к заработной плате. Порядок оплаты труда, надбавки, социальные гарантии предприятия работник также узнает при приеме на работу.

					5. Социальная ответственность	Лист
						92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рабочая зона и ее оснащение зависит от характера выполняемых работ. Так, при строительстве трубопровода рабочей зоной может являться разработанная траншея. При эксплуатации трубопроводов рабочей зоной может являться как цех по обслуживанию трубопроводов (название структурного подразделения может различаться в зависимости от предприятия), так и объекты имеющие непосредственное отношение к трубопроводу (узлы подключения, камеры пуска и приема очистных устройств, задвижки). Оснащение рабочей зоны в любом случае должно обеспечивать безопасность труда работника.

5.2. Производственная безопасность

Данной работой предусматриваются строительно-монтажные работы по сооружению нефтесборного трубопровода из стеклобазальтоволоконных труб на одном из месторождений Томской области.

При выполнении указанных работ работники могут подвергаться воздействию вредных и опасных производственных факторов, представленных в таблице 20.

Таблица 20 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Строитель-ство	Эксплуатация	
1	2	3	4
Отклонение показателей микроклимата рабочей зоны	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 [20] СанПиН 2.2.4.548–96 [21]
Повышенная концентрация вредных веществ в рабочей зоне	+		ГОСТ 12.1.005-88
Превышение уровня шума	+		ГОСТ 12.1.003-2014 [22] СанПиН 2.2.4.3359–16 [23]
Движущиеся машины и механизмы	+	+	ГОСТ 12.3.009-76 [24] ГОСТ 12.2.003-91 [25]
Наличие оборудования, работающего под высоким напряжением	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 [26] ГОСТ 12.1.030-81 [27]

5.3. Анализ опасных и вредных производственных факторов

1. Отклонение показателей микроклимата рабочей зоны

Данный вредный фактор исходит из того, что строительство трубопровода ведется на открытом воздухе как в летний, так и зимний период.

Отклонение показателей микроклимата на производстве от оптимальных может вызывать физиологические сдвиги в организме работника, способствовать возникновению патологических состояний и профессиональных заболеваний [20, 21].

Нормирование параметров микроклимата на открытом воздухе не производится, но должны быть определены мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия микроклимата на организм работника. Для выполнения строительно-монтажных работ все работники должны быть обеспечены сертифицированными средствами индивидуальной защиты и соответствующей времени года спецодеждой.

При работе на открытом воздухе в зимний период предприятие устанавливает перерывы для обогрева работников в специально-оборудованных теплых помещениях.

2. Повышенная концентрация вредных веществ в рабочей зоне

В процессе выполнения работ по сооружению нефтесборного трубопровода из стеклобазальтоволоконных труб работники могут быть подвержены воздействию природного газа, паров нефти и других химических веществ, применяемых на месторождении. Природный газ и пары нефти могут попасть в воздух рабочей зоны при разгерметизации трубопроводов.

Углеводородные газы и пары нефти при определенном содержании могут вызывать отравления работников. Тяжелые углеводородные газы могут оседать на месте производства работ вытесняя при этом кислород, становясь причиной недостатка кислорода на рабочем месте.

					5. Социальная ответственность	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Согласно [21] предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны составляет для паров нефти и углеводородных газов 10 мг/м³. При перекачке нефть относят к третьему классу опасности.

При строительстве промышленного трубопровода контроль газовой среды в котловане осуществляется каждые 30 минут. В случае повышения концентрации опасных веществ в воздухе, работы немедленно останавливают. Для защиты от вредного воздействия на организм паров нефти и газов необходимо применять средства индивидуальной защиты – шланговые противогазы.

3. Превышение уровня шума

Источником шума на рабочем месте при строительстве трубопровода может являться специальная техника, участвующая в сооружении трубопровода или разработке траншеи.

Воздействие шума на работника повышает его утомляемость, снижает концентрацию внимания. Длительное воздействие шума может повлечь тугоухость работника.

Согласно [24] нормативное значение эквивалентного уровня звука на рабочем месте составляет 80 дБА. Эквивалентный уровень звука работающей специальной техники, используемой на строительном-монтажных работах может превышать это нормативное значение. Чтобы обезопасить работников от превышения уровня шума могут использоваться специальные средства защиты, такие как защитные акустические экраны, глушители шума или противозумные наушники.

4. Движущиеся машины и механизмы

Ведение строительных работ невозможно без специальной техники, например, экскаватора или бульдозера. При нахождении работников в непосредственной близости к работающей технике или механизмам возможно получение механических травм работниками.

					5. Социальная ответственность	Лист
						95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Опасной скоростью перемещения подвижных частей машин и оборудования, способных травмировать работника ударом, является скорость более 0,15 м/с [25].

Условием безопасного труда в данном случае является недоступность подвижных частей для работника в ходе рабочего процесса. Для этого, рабочая зона, в которой нахождение работников опасно, обязана быть ограждена и обозначена предупреждающими знаками. А на саму технику и оборудование устанавливаются защитные устройства – крышки, кожухи, местные ограждения и т.д.

5. Наличие оборудования, работающего под высоким напряжением

При выполнении работ по строительству промышленного трубопровода, работники имеют дело с электрооборудованием и электроустановками. При невыполнении требований по электробезопасности возможно получение работниками электротравм. Степень воздействия электрического тока на человека зависит от множества параметров, таких как напряжение, частота тока, режима и продолжительности воздействия тока на человека.

Нормы на допустимые токи и напряжения прикосновения в электроустановках устанавливаются в соответствии с предельно допустимыми уровнями воздействия на человека тока и напряжения прикосновения [27].

Для обеспечения безопасности от воздействия электрического тока на работника применяют: электрическую изоляцию токоведущих частей, ограждения, защитное заземление и зануление, защитное отключение, средства индивидуальной защиты.

5.4. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных вредных факторов на исследователя (работающего)

Снижения воздействия опасных и вредных факторов на работника можно добиться при обязательном соблюдении работником инструкции по охране труда и других нормативных актов, разработанных на предприятии. Применение

					5. Социальная ответственность	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

средств индивидуальной защиты согласно инструкции по охране труда, позволит обезопасить работника от воздействия вредных и опасных факторов.

Так, например, требования по охране труда перед началом работ включают следующие пункты. Работник обязан одеть специальную одежду, обувь и средства защиты, привести в порядок используемую спецодежду. Далее работник получает от ответственного руководителя работ производственное задание, при необходимости получает от него дополнительные средства индивидуальной защиты. Уже непосредственно на рабочем месте работник должен проверить его на соответствие требованиям безопасности.

Так же не менее важно контролировать актуальность знаний работника проведением инструктажей и проверок знаний по охране труда с установленной периодичностью.

5.5. Расчет устройства защитного заземления

Сооружение и эксплуатация действующих промышленных нефтегазопроводов связана с электроустановками. Так при эксплуатации трубопроводов могут применяться электрические насосы на дренажных емкостях, электрические привода запорной арматуры.

В качестве примера выполнен расчет устройства защитного заземления блока управления электроприводной задвижки диаметром 325 мм. Блок управления регулируемый БУР-04–1.Т.УХЛ1-а с характеристиками представленными производителем в [28].

- Определяется расчетное удельное сопротивление грунта, в котором предполагается размещать электроды заземления:

$$\rho_{\text{расч}} = \rho \cdot k, \quad (31)$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, для глины составляет 60 Ом·м;

k - сезонный повышающий коэффициент, для 1 климатической зоны составляет 1,65.

					5. Социальная ответственность	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Следовательно, расчетное удельное сопротивление грунта, в котором предполагается размещать электроды заземления:

$$\rho_{\text{расч}} = 60 \cdot 1,65 = 99 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

- Сопротивление растеканию тока, через одиночный заземлитель:

$$R_{\text{тр}} = 0,9 \cdot \left(\frac{\rho_{\text{расч}}}{L_{\text{тр}}} \right), \quad (32)$$

где $L_{\text{тр}}$ – длина трубы, принимаем равным 3 м.

$$R_{\text{тр}} = 0,9 \cdot \left(\frac{99}{3} \right) = 29,7 \text{ Ом}.$$

- Определяем примерное число заземлителей:

$$n = \frac{R_{\text{тр}}}{R_3} = \frac{29,7}{4} = 8 \text{ шт}, \quad (33)$$

где R_3 - требуемое сопротивление защитного заземления, 4 Ом.

- Определяем сопротивление растеканию тока с горизонтального заземлителя:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{\text{расч}}}{2\pi L_{\Gamma}} \ln \frac{2L_{\Gamma}^2}{0,5b \cdot t_0} = \frac{99}{2 \cdot 3,14 \cdot 8} \ln \frac{2 \cdot 9^2}{0,5 \cdot 0,02 \cdot 0,5} = 8,2 \text{ Ом}. \quad (34)$$

где L_{Γ} – длина горизонтального заземлителя, 8 м;

b – ширина горизонтального заземлителя, 0,02 м;

t_0 – глубина заложения горизонтального заземлителя, 0,5 м.

- Сопротивление растеканию группового искусственного заземлителя определяем по формуле:

$$R_{\text{и}} = \frac{R_{\text{тр}} \cdot R_{\Gamma}}{R_{\text{тр}} \cdot \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} \cdot \eta_{\text{в}} \cdot n} = \frac{29,7 \cdot 8,2}{29,7 \cdot 0,67 + 8,2 \cdot 0,66 \cdot 8} = 3,85 \text{ Ом}. \quad (35)$$

где η_{Γ} - коэффициент использования горизонтальных электродов группового заземления, в рассматриваемом случае составляет 0,67;

$\eta_{\text{в}}$ - коэффициент использования вертикальных электродов группового заземления, в рассматриваемом случае составляет 0,66.

Расчетное значение сопротивления растеканию группового искусственного заземлителя не должно превышать допустимого значения:

$$R_3 > R_{\text{и}},$$

$$4 \text{ Ом} > 3,85 \text{ Ом}.$$

Таким образом, заземлитель состоящий из 8 вкопанных на 3 метра труб, соединенных полосой шириной 20 мм длиной 8 м допускается использовать для организации защитного заземления блока управления регулируемого БУР-04–1.Т.УХЛ1-а.

5.6. Экологическая безопасность

5.6.1. Защита атмосферы

При ведении работ по сооружению нефтесборного трубопровода из стеклобазальтоволоконных труб, негативное влияние на атмосферу оказывает строительная техника и транспорт. Так в атмосферу попадают выбросы от работы двигателей автомобилей обеспечения, строительной техники при производстве земляных и монтажных работ, выбросы при сварочных работах и газовой резки металла.

При возможном повреждении и разгерметизации действующего трубопровода к выбросам в атмосферу добавятся пары нефти и потери природного газа. Установленные ПДК в воздухе для них следующие: для нефти 10 мг/м³, для метана и пропана 300 мг/м³, для сероводорода 10 мг/м³ [29].

Для сокращения выбросов вредных веществ в атмосферу необходимо исключить вероятность повреждения действующих трубопроводов, вызывающих аварийные разливы нефти.

Для сокращения выбросов от работы двигателей техники необходимо регулярно контролировать состояние парка специальной техники, своевременно проводить техническое обслуживание, максимально эффективно использовать ее в работе.

5.6.2. Защита гидросферы

При устройстве подводных и береговых траншей для прокладки трубопровода возможно механическое разрушение берегов и русла. Так же возможно загрязнение водоема топливом и различными маслами при работе

					5. Социальная ответственность	Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

строительной техники. Но особую опасность для гидросферы представляют аварийные разливы нефти и нефтепродуктов из трубопроводов.

В случае загрязнения водоема нефтепродуктами ухудшаются физические свойства воды (замутнение, изменение запаха и цвета), на поверхности образуется нефтяная пленка, а в толщу воды проникает осадок, который понижает содержание в воде кислорода. В результате ухудшаются качество воды и условия обитания организмов.

ПДК загрязняющих веществ, попадание которых в водоем возможно при аварийном разливе нефти следующие [30]:

- Нефть – 0,3 мг/м³;
- Нефть многосернистая – 0,1 мг/м³.

Исключить попадание загрязняющих веществ в гидросферу можно предусматривая специальные зоны для заправки и технического обслуживания машин и техники, находящихся на безопасном расстоянии от водных объектов. Проведение работ в пределах водных объектов допускается только после получения разрешения, выдаваемого компетентными органами. Сброс отходов и неочищенных стоков в водоемы не допускается [31].

5.6.3. Защита литосферы

Выполняя разработку траншеи для строительства трубопровода, оказывается прямое механическое воздействие на почвенно-растительный комплекс, заключающееся в нарушении сплошности грунта. При выполнении строительных работ не исключено попадание на почву загрязняющих веществ с работающей техники.

В результате негативного воздействия на литосферу могут происходить такие процессы, как развитие эрозии, образование оврагов, изменение рельефа, заболачивание территории.

Для защиты литосферы необходимо принимать следующие меры:

					5. Социальная ответственность	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Для подъезда к месту проведения работ необходимо устраивать подъездные пути с учетом всех требований, необходимых для предотвращения повреждений древесно-кустарниковой растительности;
- Проведение всех строительных работ разрешается исключительно в пределах отведенной полосы для уменьшения ущерба, наносимого окружающей природной среде;
- По окончании работ необходимо вывезти производственные отходы и провести рекультивацию почвы.

Особую опасность для литосферы представляют аварийные разливы нефти при разгерметизации трубопровода. В случае обнаружения аварийных разливов проводятся мероприятия, предусмотренные планом по локализации и ликвидации аварийных разливов нефти, предусматривающие восстановление загрязненной почвы.

5.7. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При проведении работ по строительству промышленного трубопровода и при его эксплуатации могут произойти чрезвычайные ситуации (наводнения, аварийные разлив нефти на почву и воду, взрывы, возгорание нефти), причины которых следующие:

- воздействие внешних сил (наводнения, половодья, пожары, землетрясения, а также террористическими актами);
- разгерметизация трубопровода, влекущая аварийный разлив нефти;
- механические повреждения трубопровода и оборудования в процессе производства работ.

Для трубопроводного транспорта наиболее актуально рассмотреть чрезвычайную ситуацию, связанную с аварийным разливом нефти при разгерметизации трубопровода.

					5. Социальная ответственность	Лист
						101
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Она может быть вызвана множеством причин, некоторые из них это: коррозионное разрушение, механическое повреждение трубопровода, нарушение технологии эксплуатации.

Основное внимание по предупреждению аварий уделяется на этапе проектирования, строительства и эксплуатации опасных производственных объектов. На объектах трубопроводного транспорта заблаговременно проводятся мероприятия, направленные на предотвращение чрезвычайных ситуаций и на максимальное снижение размеров ущерба в случае их возникновения. На этапе эксплуатации периодически проводят оценку состояния трубопровода и возможности его дальнейшей эксплуатации при помощи неразрушающего контроля.

Согласно [32] на предприятиях трубопроводного транспорта разрабатываются планы по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти. В этом плане прогнозируются возможные разливы нефти, описывается количество сил и средств для ликвидации аварии, взаимодействие и управление. С работниками отрабатываются первоочередные действия при получении сигнала об аварии.

Свои действия при аварии работник может узнать, ознакомившись с нормативными актами, принятыми на предприятии.

5.8. Выводы по разделу «Социальная ответственность»

В разделе «социальная ответственность» рассматриваются законодательные основы трудовых взаимоотношений работника с предприятием. Это именно то, что необходимо знать и учитывать, не только при трудоустройстве, но и при осуществлении своей трудовой деятельности.

Также, именно в этом разделе рассматриваются вредные и опасные производственные факторы. Правильная организация труда, с учетом этих факторов не только повышает производительность работника, но и что более важно, значительно снижает риск получения производственных травм.

Нельзя забывать и об экологической безопасности, основы которой приведены в данном разделе. В современном мире забота об экологии является важной частью деятельности производственных предприятий.

Особо важным является и знание своих действий для работника при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Таким образом, полные и точные знания работника охраны труда и социальной ответственности, является одним из важнейших принципов осуществления своей деятельности для производственных предприятий.

					5. Социальная ответственность	Лист
						103
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

В результате выполнения магистерской диссертации проведен анализ представленных на рынке стеклобазальтоволоконных труб. Была рассмотрена продукция предприятий, занимающихся выпуском стекловолоконных труб и фитингов. Исследованы их технические характеристики, применяемые типы соединений, возможные методы ремонта.

Изучена технология непрерывной намотки стеклопластиковых труб и фасонных изделий, а также контроль качества и гидравлические испытания готовой продукции.

Исследован новый ГОСТ Р 59411 – 2021 «Трубопроводы промышленные из стеклопластиковых труб. Правила проектирования и эксплуатации».

Изучены технологии, позволяющие повысить структурную прочность стеклобазальтопластиковых труб.

Проанализирована информация об имеющемся опыте эксплуатации действующих неметаллических трубопроводов одной из нефтегазодобывающих компаний Томской области. Рассмотрены методики ремонта действующих стекловолокнистых трубопроводов. Определены недостатки применяемой технологии.

Рассмотрена возможность проведения технического перевооружения на одном из стальных нефтесборных трубопроводов предприятия. Для повышения эксплуатационных свойств участка предложено применение стеклобазальтоволоконных труб. Для обоснования возможности их применения, было выполнено моделирование работы композитного трубопровода. При моделировании учтены прочностные характеристики стеклобазальтоволоконных труб, определенные в результате проведенных автором испытаний на растяжение.

					Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Стрюк С.О.			Заключение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков П.В.					104	128
Консульт.						Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ01		
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.						

Выполнен гидравлический расчет данного участка трубопровода в стекловолоконном исполнении.

Для стеклобазальтоволоконных трубопроводов, с учетом уже применяемых технологий, разработан и предложен метод постоянного ремонта. С целью проверки качества предложенного метода постоянного ремонта запланировано дальнейшее проведение экспериментальных исследований.

Таким образом, в результате выполнения магистерской диссертации поставленные цели были достигнуты. Результаты проведенных исследований будут полезны нефтедобывающим компаниям, заинтересованным во внедрении на своих объектах стеклобазальтоволоконных трубопроводов с целью повышения эксплуатационных свойств, и соответственно снижению эксплуатационных затрат.

					Заключение	Лист
						105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список публикаций студента

Исследования автора по теме, представленной в магистерской диссертации неоднократно представлялись на множестве научных конференциях различного уровня. Опубликованы следующие материалы:

Публикации, индексируемые в РИНЦ:

1. Стрюк С.О. Моделирование напряжённно-деформированного состояния композитного трубопровода // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию горно-геологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания ТПУ, Томск, 5-9 Апреля 2021. - Томск: ТПУ, 2021 - Т. 2 - С. 436-437;

2. Стрюк С.О. Анализ напряжённно-деформированного состояния катушки стекловолоконного трубопровода // V Международная молодежная научная конференция "Tatarstan UpExPro 2021" тезисы докладов, г. Казань, 15-18 апреля 2021 г. С. 132-134;

3. Стрюк С.О. Повышение эксплуатационных свойств промысловых трубопроводов применением композитных труб (Increasing the performance properties of the field pipelines by using composite pipes) // Нефть и газ - 2020: тезисы докладов 74-ой Международной молодежной научной конференции, Москва, 28 сентября – 02 октября 2020. Москва: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2020 - Т. 1 - С. 438-439;

					Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Стрюк С.О.			Список публикаций студента	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков П.В.					106	128
Консульт.						Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ01		
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.						

4. Стрюк С.О. Повышение эксплуатационных свойств промышленного трубопровода путем применения композитных материалов // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXIV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Томск, 06–10 апреля 2020 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2020. – С. 535-536;

5. Стрюк С.О. Применение композитных труб как способ повысить надежность нефтепровода // Современная научная мысль: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Чебоксары, 05 февраля 2020 года. – Чебоксары: Негосударственное образовательное частное учреждение дополнительного профессионального образования "Экспертно-методический центр", 2020. – С. 252-256;

6. Стрюк С.О. Увеличение надежности промышленного трубопровода путем использования композитных труб (Increasing the reliability of the field pipeline by using composite pipes) // Нефть и газ - 2019: тезисы докладов 73-ой Международной молодежной научной конференции, Москва, 22-25 Апреля 2019. - Москва: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2018 - Т. 2 - С. 224-225;

7. Стрюк С.О. Повышение надежности промышленного трубопровода путем использования труб из композитных материалов // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию со дня рождения академика К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К.В. Радугина, Томск, 08–12 апреля 2019 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2019. – С. 561-562.

					Список публикаций студента	Лист
						107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список использованной литературы

1. Стрюк С. О. Разработка мероприятий, направленных на повышение эксплуатационных свойств промысловых трубопроводов в условиях высокой обводнённости транспортируемой среды: бакалаврская работа / С. О. Стрюк; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР), Отделение нефтегазового дела (ОНД); науч. рук. П. В. Бурков. — Томск, 2020;
2. Компания. — Текст: электронный // ООО «Татнефть-Пресскомпозит»: [сайт]. — URL: <https://www.fiberpipe.ru/rus/company/> (дата обращения: 09.06.2022);
3. ТУ 2296-001-30372160-2016 «Трубы стеклопластиковые линейные, насосно-компрессорные, обсадные и фасонные изделия» ООО «Татнефть-Пресскомпозит
4. ASTM D2992-18 «Standard Practice for Obtaining Hydrostatic or Pressure Design Basis for “Fiberglass” (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting-Resin) Pipe and Fittings»;
5. ГОСТ Р 59411-2021 «Трубопроводы промысловые из стеклопластиковых труб. Правила проектирования и эксплуатации»;
6. О компании. — Текст: электронный // ООО «СМАРТСЕРВИС»: [сайт]. — URL: <https://smart3d.pro/> (дата обращения: 09.06.2022);
7. ТУ 1317-006.1-593377520-03 Трубы стальные бесшовные нефтегазопроводные повышенной эксплуатационной надежности для обустройства месторождений ОАО «ТНК»;
8. ТУ 1317-233-00147016-02 Трубы бесшовные горячедеформированные нефтегазопроводные повышенной надежности при эксплуатации для месторождений ОАО «Томскнефть» ВНК;

					Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Стрюк С.О.			Список использованной литературы	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков П.В.					108	128
Консульт.						Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ01		
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.						

9. Швабауэр В.В., Гвоздев И.В. Расчет подземного трубопровода из термопластов // - НТЦ «Пластик»;
10. ГОСТ 11262-2017 (ISO 527-2:2012) Пластмассы. Метод испытания на растяжение;
11. Тахаутдинова Г.Л. Исследование механических свойств труб из композитных материалов // Работы молодых ученых института «ТатНИПИнефть», 2017;
12. СП 284.1325800.2016 Трубопроводы промышленные для нефти и газа. Правила проектирования и производства работ;
13. ГОСТ Р 55990-2014 Месторождения нефтяные и газонефтяные. Промысловые трубопроводы. Нормы проектирования;
14. Прайс-лист на щебень. — Текст: электронный // ООО «Щебень-РФ»: [сайт]. — URL: <https://tomsk.scheben-rf.ru/price/> (дата обращения: 17.05.2022);
15. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е2 земляные работы;
16. Цены на бензин, ДТ и газ в Томске. — Текст: электронный // AzsPrice.ru: [сайт]. — URL: <https://azsprice.ru/tomsk> (дата обращения: 17.05.2022);
17. Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 (ред. от 27.12.2019) «О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы»;
18. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018);
19. Закон РФ "О государственных гарантиях и компенсациях для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях" от 19.02.1993 N 4520-1;
20. ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;

					Список использованной литературы	Лист
						109
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

21. СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;
22. ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»;
23. СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»;
24. ГОСТ 12.3.009-76 «ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности»;
25. ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;
26. ГОСТ 12.1.019-2017 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»;
27. ГОСТ 12.1.030-81 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление»;
28. Блок управления регулируемый для электроприводов запорной арматуры. Руководство по эксплуатации. — Текст: электронный // АО «ТОМЗЭЛ»: [сайт]. — URL: https://tomzel.transneft.ru/u/section_file/66941/bur-t1-re_v3.pdf (дата обращения: 22.05.2022);
29. ГН 2.2.5.2308-07 «Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»;
30. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»;
31. ГОСТ 17.1.3.13-86 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений»;
32. Постановление Правительства РФ от 21 августа 2000 г. N 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов»;

					Список использованной литературы	Лист
						110
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

33. Adhyatmabhattar M. M. (2012) Polyethylene pipes in the oil and gas industry in the Middle East. Available at: <https://www.pe100plus.com/PPCA/PE-Pipes-in-the-Oil-and-Gas-Industry-p465.html>;

34. Shavlov E.N. Brusnik O.V., Lukjanov V.G. (2014) The analysis of repeated failures of pipelines in Kal'chinskoe oil field. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/43/1/012082/pdf>;

35. Ehsani M. (2019) FRP 101: Taking the mystery out of trenchless repair of pressure pipes with carbon FRP. Intl No-Dig-2019, Florence. Available at: <https://pipemedic.com/wp-content/uploads/2019/10/Taking-Mystery-Paper-2329.pdf>;

36. Pavlou D.G. (2014) Pressure-wave propagation in multi-layered fibre-reinforced polymeric pipelines due to hydraulic hammer. 13, 29 –35. Available at: https://www.researchgate.net/publication/297306587_Pressure-wave_propagation_in_multi-layered_fibre-reinforced_polymeric_pipelines_due_to_hydraulic_hammer;

37. Stig F. (2012) 3D-woven Reinforcement in Composites. KTH School of Engineering Sciences, Doctoral Thesis. Stockholm, Sweden. Available at: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:486314/FULLTEXT01.pdf>;

38. Manickavasagam V.M., Ramnath B.V., Swaminathan S., Sharan R., Gowtham S. (2018) Investigations of Tensile Behaviour of Basalt Fiber Composite. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 377. 012118. 10.1088/1757-899X/377/1/012118. Available at: https://www.researchgate.net/publication/326359619_Investigations_of_Tensile_Behaviour_of_Basalt_Fiber_Composite;

39. Cai X.H., Li H.B., Zhang D.N., Qi G.Q. and Qi D.T. (2019) Discussion on the Key Properties of Fiberglass Tubing Used in Oilfield. Journal of Power and Energy Engineering, 7, 64-70. Available at: https://www.scirp.org/pdf/jpee_2019120514331800.pdf;

					Список использованной литературы	Лист
						111
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

40. Shvabauer V., Gvozdev I. Calculation of underground pipeline from thermoplastic. STC "Plastic". Available at: <http://www.pe-pipe.365.ru/ASTM/raschet.pdf>.

					Список использованной литературы	Лист
						112
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение А

Раздел 6

Composite pipes for field pipelines

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ01	Стрюк Сергей Олегович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Бурков П.В.	д.т.н., профессор		

Консультант-лингвист

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Айкина Т.Ю.	к.ф.н., доцент		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка методов ремонта и соединения стеклобазальтоволоконных труб			
Разраб.	Стрюк С.О.				6. Composite pipes for field pipelines	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Бурков П.В.						113	128
Консульт.	Айкина Т.Ю.					Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ01		
Рук-ль ООП	Шадрина А.В.							

6. Composite pipes for field pipelines

In order to understand the problems of using composite pipes in the construction of oil pipelines, I have reviewed the literature that allowed a broader consideration of this issue.

6.1. Experience in the use of composite pipes for pipelines

Adhyatmabhattachar M. M. in his work “Polyethylene pipes in the oil and gas industry in the Middle East” [33] analyzes the facts of using composite pipes for the oil pipelines construction. Polyethylene (PE) pipes have been used in the oil and gas industry since the 1980s years. There are two ways to use them – for construction of polyethylene pipelines and as a liner for steel pipes. Polyethylene pipelines can be used for transportation of oil and other media, if workers pressures are relatively low - maximum 25 bar.

Pipes can be laid both in trenches and above earth. Aboveground pipes are sometimes made with a thin coextruded protective with a layer of special white PE composition – for reducing heat from direct sunlight. The two projects considered convincingly in the paper show the prospects for using PE pipes to extend the service life of field pipelines. PE pipelines at the Sim-Sim field are in operation for 15 years, while the average the service life of steel pipes under these conditions is 2 years. Their use allowed not only to significantly reduce the risk of environmental pollution, but also to save many millions of dollars on pipe replacement.

Corrosion of steel pipelines is an important problem of the oil and gas industry and the reason for significant additional costs, primarily on regular pipe replacement. One of the solutions to this problem is the use of PE pipes – for the construction of pipelines in cases where they allow working pressure and temperature, or serve as a liner for steel pipes when pressure and temperature exceed the permissible values for PE pipes.

					6. Composite pipes for field pipelines	Лист
						114
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

The article discusses examples of the use of composite (polyethylene) pipes in the oil and gas industry. It can be used to find out possible problems of using fiberglass and basalt fiber pipes on the sites.

6.2. The possibility of using composite pipes in the conditions of Western Siberia

Shavlov E.N. et al. [34] analyze repeated failures of pipelines in Kal'chinskoe oil field. The researchers consider failures at a section of an operating field pipeline. The authors are developing methods to reduce accidents.

They propose to use composite or fiberglass pipes in the reconstruction of a pipeline section in the field in order to reduce the likelihood of failures. The accumulated operational statistics on pipeline failures at the Kal'chinskoye field show that for the period from 2011 to 2015, a significant number of pipeline failures were recorded (Figure 52).

Inhibitors are used for corrosion protection on the site. But even under this condition, a significant number of failures are recorded at the stage of pipeline operation up to 5 years. The authors suggest that the low inhibition efficiency is associated with the high content of mechanical impurities in the transported product.

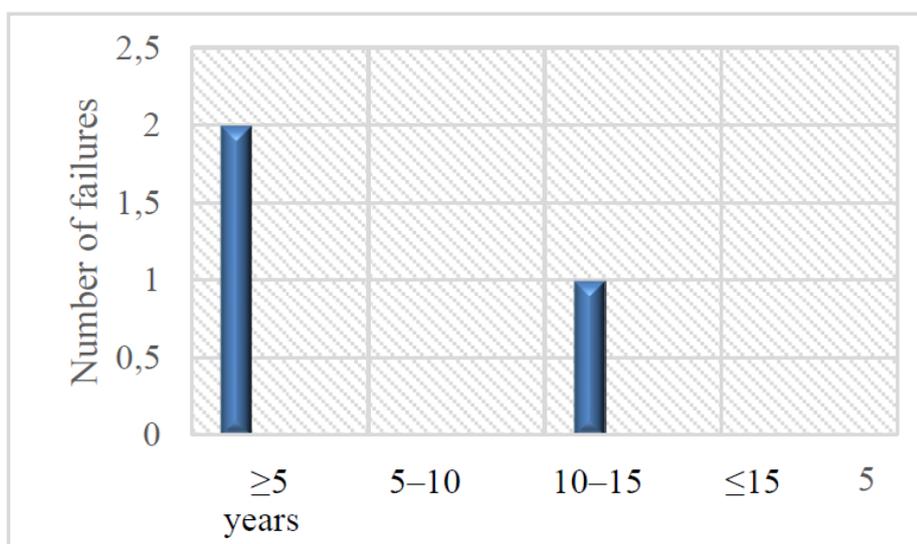


Figure 52 – The dynamic failure analysis in Kal'chinskoe oil field for the years of 2011–2015.

The authors propose the use of corrosion-resistant fiberglass pipes to increase the durability of the pipeline. This will make it possible to avoid localized corrosion on the inner surface of the pipeline, thus reducing the number of failures due to corrosive destruction of pipelines in a given field. An increase in the duration of pipeline exploitation will lead to a decrease in maintenance costs and elimination of accidents. The solutions offered by the authors are of great importance.

6.3. Continuous Winding Technology

Ehsani M. in the article “FRP 101: Taking the mystery out of trenchless repair of pressure pipes with carbon FRP” [35] analyzes various designs, methods of connecting pipes. The author considers some methods for repairing pressure pipes with composite materials, their advantages and disadvantages. The author has developed several new methods to repair and construct pipelines using fiberglass composite. One of the technologies presented by the author “InfinitPipe” is a method of continuous winding fiberglass pipeline in the field to ensure the minimum number of joints.

Some of the advantages of the “InfinitPipe” technology are the possibility to build a pipeline of any length and diameter in the field, minimal construction costs, high resistance of FRP pipes to corrosion, no need for a cathodic protection system for the pipeline, no local connections, low weight of the finished pipeline 10-15% from conventional steel pipelines, environmentally friendly technology. This technology of manufacturing can continue endlessly, resulting in a pipe of any desired length (Figures 53, 54)

					6. Composite pipes for field pipelines	Лист
						116
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Figure 53 – View from the left ends of the first prototype of the Mobile Manufacturing Unit (MMU).

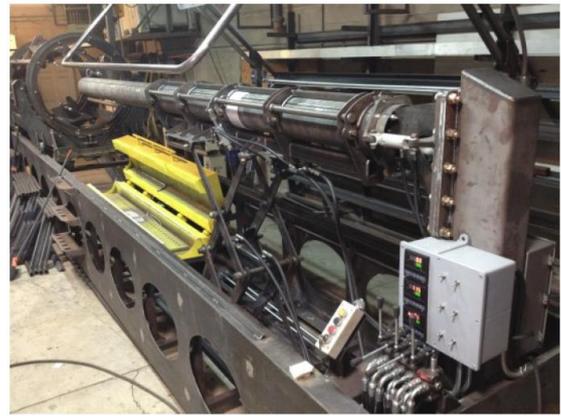


Figure 54 – View from the right ends of the first prototype of the MMU.

The article describes promising methods to repair and construct pipelines using fiberglass and other composite materials. The presented technologies make it possible to improve the operational properties of pipelines.

In the article under discussion, the author describes modern methods of repairing steel pipes using composite materials, as well as new technologies for the construction of fully composite pipes.

6.4. The hydraulic hammer in a composite pipeline

The article “Pressure-wave propagation in multi-layered fibre-reinforced polymeric pipelines due to hydraulic hammer” [36] by Pavlou D.G. presents mathematical modeling of unsteady fluid flow. The author suggests that a sudden change in fluid flow rate in fiberglass pipelines can lead to significant stresses exceeding the permissible values. When the valves are quickly closed, a shock pressure wave of a water hammer arises, the front of which propagates up and down with in accordance with Newton’s equation.

A water hammer wave leads to a sharp jump in fluid pressure due to a rapid decrease in flow rate. The author states that at the moment the behavior of fiberglass pipes during the propagation of pressure increase waves has been little studied.

The author has developed a model that describes the dependence of the rate of pressure increase during water hammer in multilayer fiberglass pipelines. The model is based on the continuity equation, Newton's law for the momentum of the control volume of a liquid, and Hooke's law for the characteristics of a multilayer anisotropic fiberglass, which is a pipeline wall.

When constructing the “liquid-pipe” model, the author takes into account the anisotropy of the mechanical properties of the fiberglass pipeline. The model makes it possible to estimate the increase in pressure from water hammer and the rate of pressure jump in pipes made of multilayer fiberglass. The author also presents the dependence of the excess pressure acting on the pipe on the angle of fiber winding, the number of layers and the diameter of the pipe (Figures 55, 56, 57).

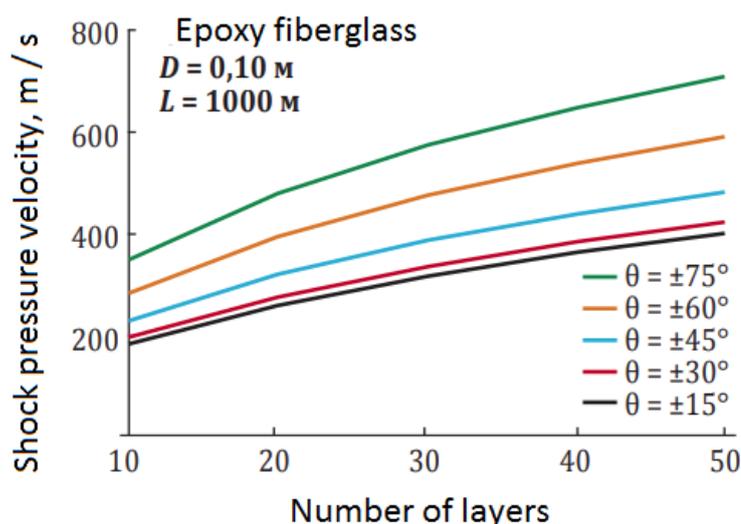


Figure 55 – The rate of the pressure jump caused by water hammer, for several values angle θ of winding pipe fibers.

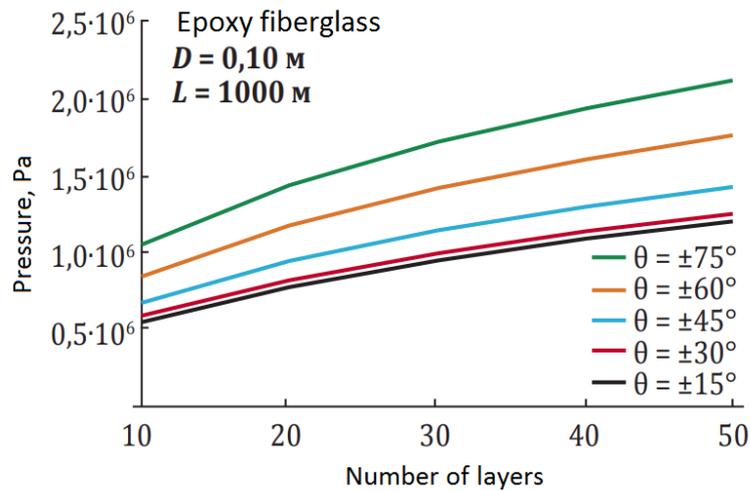


Figure 56 – Water hammer pressure for several values of the angle θ of winding pipe fibers.

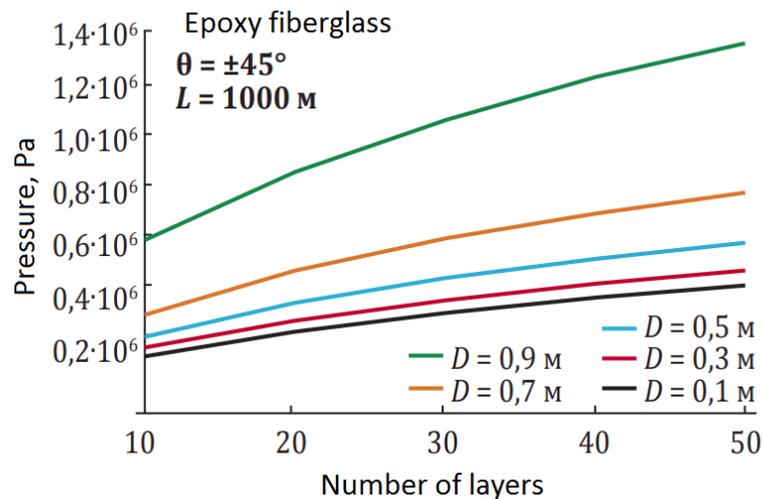


Figure 57 – Water hammer pressure for several values of pipe diameters.

The results obtained showed that the excess pressure caused by a water hammer and its wave velocity increase with an increase in the angle of winding of the pipe wall fibers, the number of fiber layers and the pipe diameter. The materials presented by the author help to understand the problem of FRP pipes behavior during the water hammer wave propagation.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

6.5. Technology for strengthening fiber preforms

Stig F. in his Doctoral Thesis “3D-woven Reinforcement in Composites” [37] presents a study of the strength properties of composites made by 2D and 3D-weaving. He explains that composite materials are anisotropic and have limited fluidity, unlike metals. These properties can lead to high stress concentrations. Composite materials produced using three-dimensional weaving (3D) technology are a very promising solution for the aerospace industry. 3D weaving addresses the low interlaminar and full-thickness strengths associated with traditional 2D weaving composites. Comparison of 2D and 3D weaving is shown in figure 58.

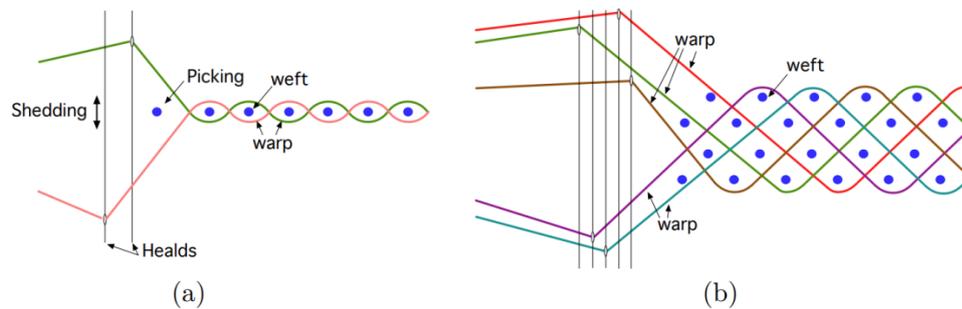


Figure 58 – Illustration of the weaving principle for a) 2D-fabrics and b) 3D-fabrics.

The image of the main technology of 3D weaving is shown in figure 59.

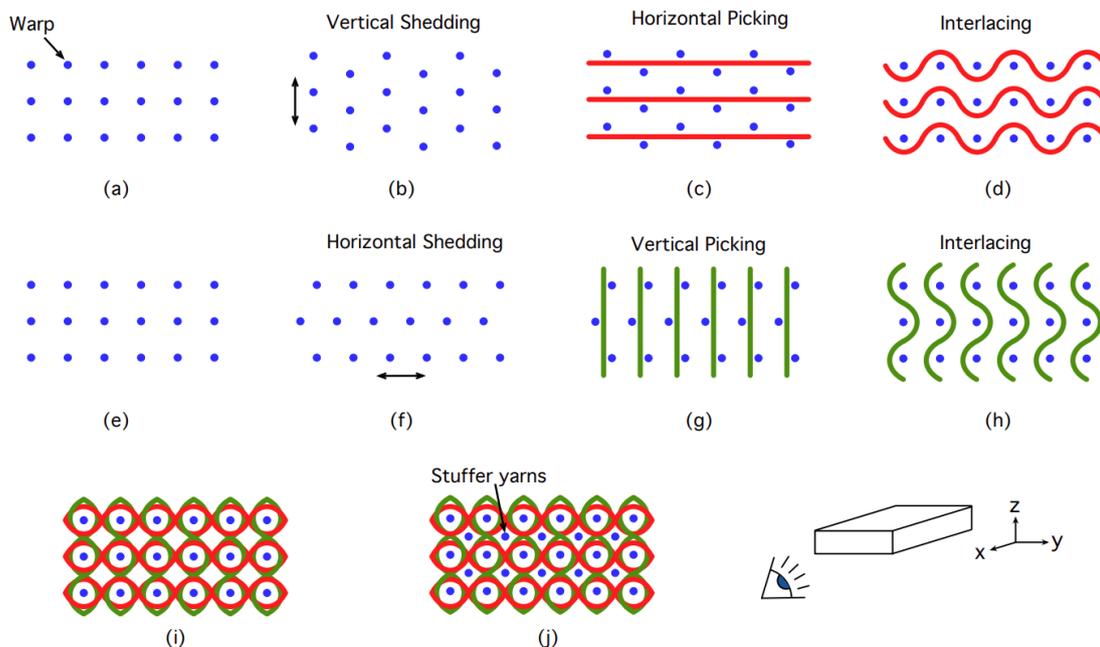


Figure 59 – Illustrations of the 3D-weaving principle.

a - the base fibers are arranged in a grid pattern; b - fiber lines alternately shift in the

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

vertical direction; c - the required number of horizontal fibers is pulled; d - previously displaced vertically, the warp fibers are released, as a result, the warp fibers become intertwined with horizontal fibers; e - the warp fibers are in their initial horizontal positions; f - the base fibers are displaced in the horizontal direction through one; g - the required number of vertical fibers is inserted; h - several rows of warp fibers return to their original position, as a result of which the warp fibers become intertwined with vertical fibers.

These operations are repeated one more time, placing the fibers in opposite directions, completing the cycle of the 3D weaving process, the structure shown in Figure 59 (i) is obtained. An important feature of this technology is the presence of pockets between any four adjacent warp fibers. Filling fiber can be fed into these pockets, and a structure can be obtained as in Figure 59 (j).

The article presents some of the 3D weaving technologies used today (Figures 60, 61, 62). The author presents a study comparing the mechanical properties of 2D and 3D braided composites.

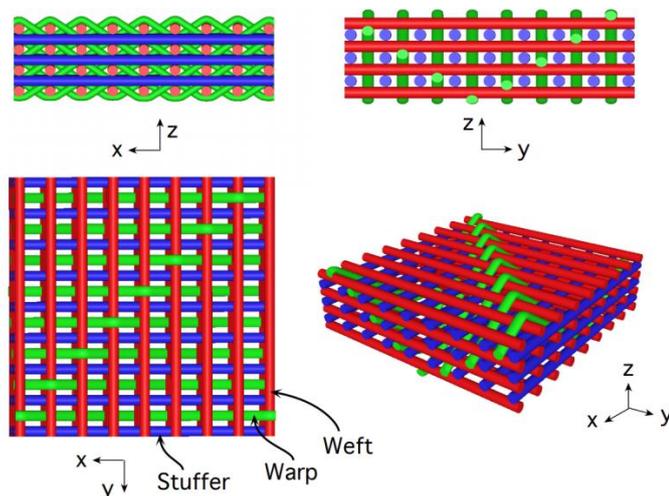


Figure 60 – A Through-the-thickness angle interlock weave with stuffer yarns.

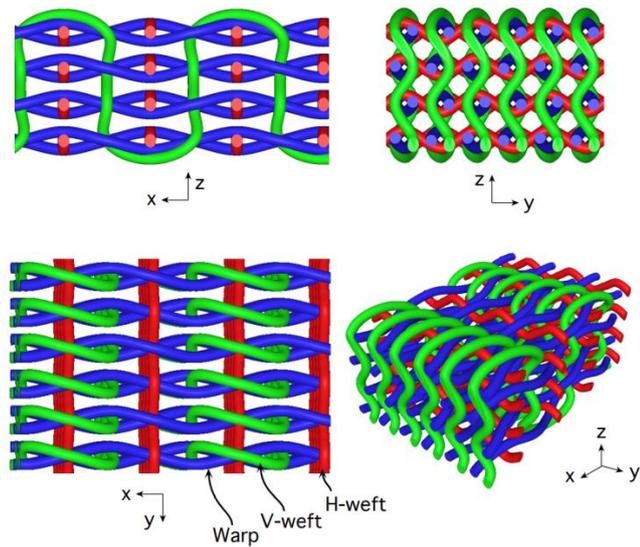


Figure 61 – A plain 3D-weave without stuffer yarns.

Noobing is a process of 3D composite production by perpendicular orientation and bonding of all three sets of fibers used (Figure 61).

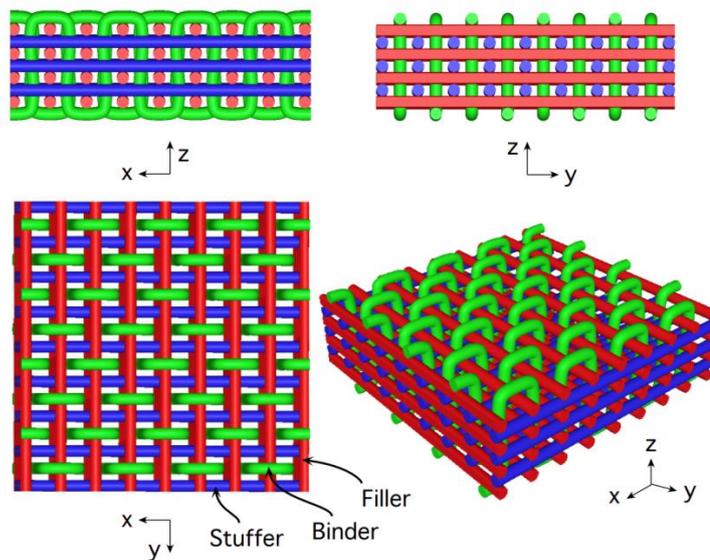


Figure 61 – A noobed fabric seen from its three principle planes and from an isometric view.

The conclusion of the article is that the use of an additional direction of weaving of a fiberglass mesh in a composite can significantly increase the overall strength of the material, namely, the efforts required to shift the layers of the composite increase, and the likelihood of delamination of the mesh inside the epoxy matrix decreases. The

technologies of 3D winding presented in the article can also be used to increase the strength properties of composite oil pipes.

6.6. Tensile tests of basalt and glass fiber samples

Manickavasagam V.M. et al. in their work “Investigations of tensile behaviour of basalt fiber composite” made samples of basalt fiber and tested the composites in tension [38]. Basalt fiber used for the production of composite materials, similar to glass fiber, has better physical, mechanical, strength and temperature properties than glass fiber. At the same time, basalt fiber is much cheaper than carbon fiber. Some possible areas of application of basalt fiber composites: as a fire-resistant material in the automotive, aviation and space industries. Basalt fiber can be used as a composite material for manufacturing products such as oil pipes.

The authors used basalt fiber and fiberglass samples with a length of 250 mm. The exact geometrical dimensions of the finished samples are $250 \times 250 \times 5$ mm. The three types of samples produced consist of 1, 2 and 3 layers of basalt fibers, respectively. The composites samples produced by the authors were tensile tested on a universal testing machine to determine their properties. The results show that specimens with 2 and 3 layers have a higher tensile strength and a higher percentage of elongation compared to a single layer specimen. All the results obtained were recorded in tables 21, 22 and figure 62.

Table 21 – Results of Tensile test.

COMPOSITES	MAXIMUM STRESS (N/mm ²)	MAXIMUM STRAIN (%)
COMPOSITE 1	72	3.9
COMPOSITE 2	94	5.8
COMPOSITE 3	98	5.4

Table 22 – Results of Hardness test.

COMPOSITES	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Average hardness
COMPOSITE 1	351.8	352.6	352.8	352.4
COMPOSITE 2	362.7	361.2	362.4	362.1
COMPOSITE 3	378.2	379.1	378.6	378.6

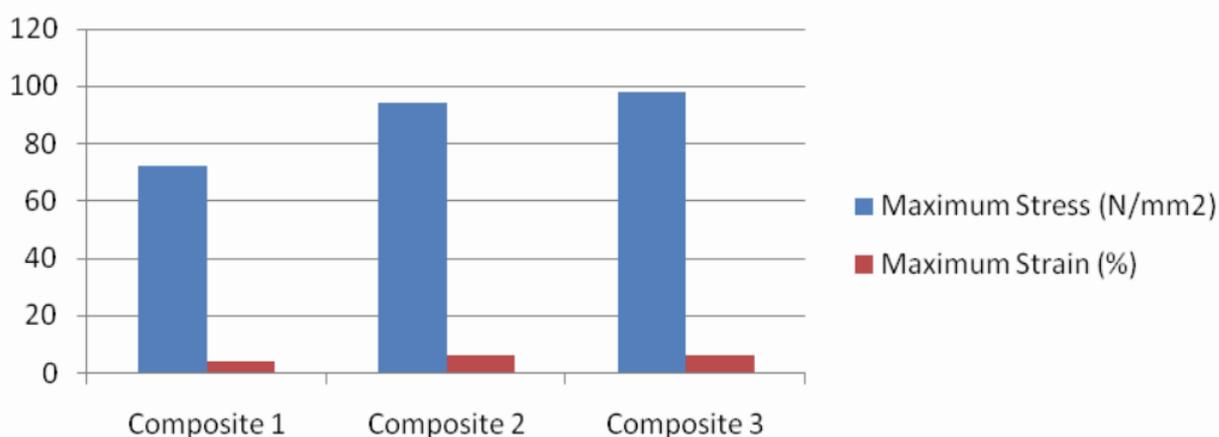


Figure 62 – Results of Tensile test.

In the work under consideration, the researchers fabricated basalt fiber composite materials in three different fiber layer compositions. Tensile and hardness tests were performed in accordance with ASTM standard. It is noted that a composite containing 3 layers of basalt fibers has better tensile and hardness characteristics.

This article is significant in the work I am considering. I carried out tensile tests of composites in the course of the work. It is very important to know the results of other authors on a similar topic.

The authors of the article “Discussion on the key properties of fiberglass tubing used in oilfield” Cai X. et al. [39] analyzed and tested high-pressure fiberglass pipes.

Fiberglass is corrosion-resistant material that has excellent corrosion resistance, low hydraulic resistance, light weight. Based on the results of tests of the operation of fiberglass pipes, it has been established that the service life of such pipes is more than 50 years.

However, the quality of the produced fiberglass pipes is too uneven. In addition, the operating organizations do not always take into account the operating conditions of the field when choosing pipes, which can lead to losses and failures. The following failures are mainly recorded: thread leakage, thread failure.

Testing the pipe for twisting and unscrewing, the threaded connection is shown in Figure 63. As a result of tests, the authors found that the most susceptible to destruction of a pipe element is a threaded connection (Figures 64, 65, 66). As a result of testing for screwing-unscrewing, it was found that destruction of the thread does not occur after 10 cycles.



Figure 63 – Test of FRP oil pipe on/off.

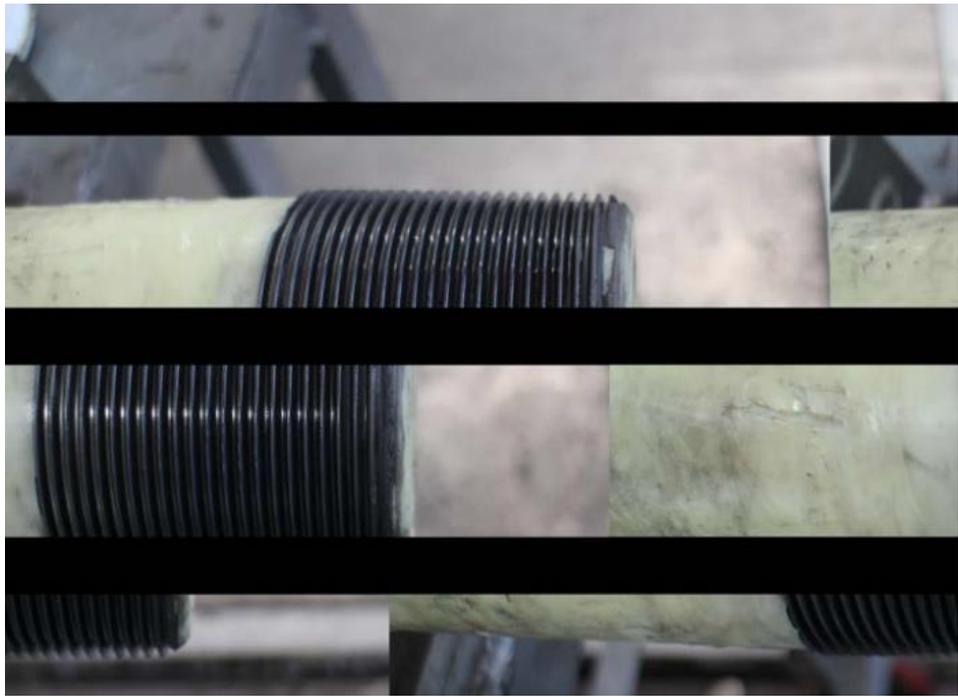


Figure 64 – Thread appearance after 10 times of screwing on and off.



Figure 65 – Tensile test process.



Figure 66 – Typical failure morphology after tensile test (thread debonding).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

The authors propose to strengthen the threaded connection in order to ensure maximum reliability of the operated object. In addition, the pipes produced must be standardized, and the choice of a particular pipe must be fully justified by the technical parameters of the pipeline.

6.7. Methods of calculation of underground polymer pipeline

The authors of the article “Calculation of underground pipeline from thermoplastic” [40] estimated and calculated the loads to which the underground composite pipeline is subjected. When designing underground pipelines made of thermoplastics, the problem arises of the difference between the calculations according to traditional methods for metal pipelines and the real results observed on composite pipes. This is due to the different load response for metal and composite pipes. The authors cite various international methods for calculating thermoplastic pipelines.

The article provides 4 calculation methods with formulas and examples: deformation of pipes under the influence of external loads, the effect of the soil surrounding the pipeline, the load from passing vehicles, the Swedish method for calculating thermoplastic pipes.

The examples of calculations given by the authors show the ability of thermoplastic pipes to withstand the required load caused by the pressure of the soil, the transported product, the load from transport in accordance with the legislation of various European countries.

The article is useful within the framework of the topic I am considering. In my calculations of the underground composite pipeline, I use some of the formulas presented in the article.

					6. Composite pipes for field pipelines	Лист
						127
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение Б