

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»
 Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Анализ современных материалов для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера»

УДК 621.644.073(252.6)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Татарников В.Е.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Бурков В.П.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Макашева Ю.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Абраменко Н.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Брусник О.В.	к.п.н.		

Планируемые результаты обучения

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<i>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i>		
<i>Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»</i>		
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-6, УК-7, ОПК-1, ОПК-2), (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).</i>
P2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).</i>
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P3	Применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования нефтегазовых объектов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11).</i>
P4	Оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов в практической деятельности и применять принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15).</i>
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P5	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, используя принципы менеджмента и управления персоналом и обеспечивая корпоративные интересы	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, УК-8, ОПК-3, ОПК-7, ПК-16, ПК-17, ПК-18), (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d).</i>
P6	Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазового промышленного оборудования	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, , ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22).</i>
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P7	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6,</i>

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
	решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	<i>ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).</i>
<i>в области проектной деятельности</i>		
P8	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30), (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е).</i>
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»		
P9	Применять диагностическое оборудование для проведения технического диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-4, ОПК-5, ПК-9, ПК-14), требования профессионального стандарта 19.016 "Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов".</i>
P10	Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>
P11	Оценивать результаты диагностических обследований, мониторингов, технических данных, показателей эксплуатации объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-6, ОПК-7, ПК-4, ПК-7, ПК-13), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и
продуктов переработки»
Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП ОНД ИШПР
_____ Брусник О.В.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4Б	Татарникову Виктору Евгеньевичу

Тема работы:

«Анализ современных материалов для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера»

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

Объектом исследования являются современные материалы для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в условиях Крайнего Севера.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Обзор геокриологических условий Крайнего Севера; обзор современных материалов для теплоизоляции; анализ современных материалов для теплоизоляции; сравнение эффективности двух материалов.
---	--

Перечень графического материала	Рисунки, таблицы.
--	-------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Макашева Ю.С., ассистент
«Социальная ответственность»	Абраменко Н.С., ассистент

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Бурков В.П.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Татарников Виктор Евгеньевич		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»
 Уровень образования бакалавриат
 Отделение нефтегазового дела
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года) _____

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.02.2018	Обзор литературы	
15.03.2018	Особенности эксплуатации нефтепроводов в районах КС	
25.03.2018	Характеристика ММГ	
10.04.2018	Обзор современных материалов для теплоизоляции	
05.05.2018	Расчетная часть	
13.05.2018	Финансовый менеджмент	
21.05.2018	Социальная ответственность	
23.05.2018	Заключение	
28.05.2018	Презентация	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Бурков В.П.			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Брусник О.В.	к.п.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4Б	Татарникову Виктору Евгеньевичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оценка затрат на теплоизоляцию стыков трубопровода протяженностью 100 км</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ГЭСН 81-02-26-2001 Государственные Элементные Сметные Нормы На Строительные Работы ГЭСН-2001 Сборник № 26 теплоизоляционные работы</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Налоговый кодекс РФ. ФЗ-213 от 24.07.2009 в редакции от 09.03.2016г. № 55-ФЗ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Расчет затрат ресурсов на теплоизоляцию стыков трубопровода протяженностью 100 км</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование и формирование бюджета с целью грамотного расхода средств на теплоизоляцию стыков трубопровода</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Обоснование экономической эффективности внедрения более качественного оборудования с целью снижения экономических затрат</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Таблицы:
1. Нормы на изоляцию по ГЭСН-26
2. Требуемые затраты на теплоизоляцию
3. План выполнения работ
4. Расчет амортизационных отчислений
5. Расчет затрат на оплату труда
6. Расчет затрат на материалы
7. SWOT-анализ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Макашева Ю.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Татарников Виктор Евгеньевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4Б	Татарникову Виктору Евгеньевичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

В данной работе рассматриваются работы по теплоизоляции магистральных нефтепроводов в условиях Крайнего Севера.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность:

1.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:

1.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности

1.1 Вредные факторы

- Климатические условия;
- Повышение уровня шума;
- Повышение уровня вибрации;
- Повышение запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны;

1.2 Опасные факторы

- Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования;
- Электробезопасность;

2. Экологическая безопасность

- Анализ воздействия на атмосферу
- Анализ воздействия на гидросферу
- Анализ воздействия на литосферу

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:

Чрезвычайные ситуации могут возникнуть при теплоизоляционных работах, в результате нарушения техники безопасности при производстве строительного-монтажных работ.

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В области охраны труда и безопасности жизнедеятельности трудовую деятельность регламентируют правовые, нормативные, инструктивные акты в области охраны труда и отраслевые документы.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Абраменко Н.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Татарников Виктор Евгеньевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа представлена на 67 с., 4 рис., 12 табл., 30 источников.

Ключевые слова: магистральный нефтепровод, Крайний Север, многолетнемерзлый грунт, теплоизоляция, пенополиуретан, пенополиизоцианурат

Объектом исследования является магистральный нефтепровод.

Цель работы – анализ современных материалов для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера.

В ходе исследовательской работы проведен расчет минимальной толщины слоя теплоизоляции двух материалов ППУ и ПИР, было проведено сравнение минимальной толщины, а также было рассчитано снижение тепловых потерь при одинаковой толщине слоя теплоизоляции из ППУ и ПИР.

В результате исследования был произведен сравнительный анализ ППУ и ПИР, было определено снижение плотности теплового потока при замене ППУ на ПИР.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: описаны основные подходы расчета плотности теплового потока и толщины слоя теплоизоляции, описана технология нанесения теплоизоляции.

Область применения: теплоизоляция магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера.

					Анализ современных материалов для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Татарников В.Е.			Реферат	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков В.П.					9	67
Консульт.						ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

Определения, сокращения

Термины и определения, используемые в данной работе:

Магистральный нефтепровод – инженерное сооружение, состоящее из подземных, подводных, наземных и надземных трубопроводов и связанных с ними насосных станций, хранилищ нефти и других технологических объектов, обеспечивающих транспортировку, приемку, сдачу нефти потребителям.

Многолетнемерзлый грунт – грунт, находящийся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет.

Теплоизоляция - общий термин, применяемый для описания процесса уменьшения теплопереноса через систему или для описания изделия, элементов системы, которые выполняют эту функцию.

Коэффициент теплопроводности – количество теплоты, передаваемое за единицу времени через единицу площади изотермической поверхности при температурном градиенте, равном единице.

Пенополиуретан – жесткий или полужесткий теплоизоляционный материал на основе полиуретана с закрытой, в основном ячеистой структурой.

Пенополиизоцианурат – жесткий теплоизоляционный материал с закрытой, в основном ячеистой структурой, полученный на основе полимеров изоциануратного типа.

Сокращения, используемые в данной работе:

ММГ – многолетнемерзлый грунт

ППУ – пенополиуретан

ПИР – пенополиизоцианурат

					Анализ современных материалов для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Татарников В.Е.			Определения, сокращения	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков В.П.					10	67
Консульт.						ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	13
ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	15
1 ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА.....	16
1.1 Характеристика грунтов Крайнего Севера	16
1.2 Особенности взаимодействия магистрального нефтепровода с многолетнемерзлым грунтом	20
2 СОВРЕМЕННЫЕ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	24
2.1 Теплоизоляционные материалы на основе пенополиуретанов	27
2.2 Теплоизоляционные материалы на основе пенополиизоцианурата.....	31
2.3 Сравнительный анализ материалов и технологии теплоизоляции с применением данных материалов	33
3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ	36
3.1 Расчет толщины теплоизоляционного слоя.....	36
3.2 Выводы по расчетной части.....	40
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	41
4.1 Расчет срока проведения работ	41
4.2 Расчет затрат на производство работ	45
4.3 SWOT-анализ.....	47

					Анализ современных материалов для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Татарников В.Е.			Определения, сокращения	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков В.П.					11	67
Консульт.						ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	49
5.1 Производственная безопасность	49
5.2 Анализ вредных производственных факторов	52
5.2.1 Ненормированные параметры микроклимата	52
5.2.2 Запыленность и загазованность рабочего места.....	53
5.2.3 Повышенный уровень шума	53
5.3.1 Электрический ток	54
5.3.2 Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	55
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	55
5.5 Экологическая безопасность	57
5.5.1 Защита атмосферы.....	57
5.5.2 Защита гидросферы.	58
5.5.3 Защита литосферы.....	59
5.5.4 Отходы производства.....	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	63

ВВЕДЕНИЕ

Запасы нефти расположены в удаленных и труднодоступных районах России. Транспортировка нефти осложняется суровыми климатическими и геологическими условиями. Наиболее перспективные месторождения нефти расположены в северной части страны. Северная нефть является высоковязкой, что приводит к необходимости предварительного подогрева нефти перед транспортировкой и дополнительной изоляции нефтепроводов, для уменьшения теплотерь на всей протяженности нефтепровода.

Более 60% территории России охвачено многолетнемерзлыми грунтами. В условиях многолетней мерзлоты сосредоточено более 30% разведанных запасов нефти.

Нефтепроводы являются объектами капитального строительства повышенной опасности, следовательно, к нефтепроводам необходимо уделять повышенное внимание при строительстве и эксплуатации.

Магистральные нефтепроводы являются объектами с большой протяженностью. В следствие большой протяженности нефтепровод проходит по различным грунтам и климатическим зонам. Это обуславливает необходимость совершенствовать каждый элемент строительства и эксплуатации.

Основные месторождения и нефтепроводы располагаются в условиях холодного климата и многолетней мерзлоты. Данные условия приводят к необходимости обеспечивать повышенную надежность в эксплуатации.

Взаимодействие нефтепроводов с грунтом – основной фактор надежности работы трубопровода. Так как трубопровод не является быстросменным оборудованием, а остановка работы нефтепровода приводит к большим потерям, необходимо обеспечить оптимальный срок службы

					Анализ современных материалов для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Татарников В.Е.			Введение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков В.П.					13	67
Консульт.						ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

трубопровода без прямого вмешательства человека. Теплоизоляция позволяет свести взаимодействие труба-грунт к минимуму, что повышает срок службы трубопровода.

Целью работы является сравнительный анализ современных теплоизоляционных материалов. Необходимо провести анализ характеристик материалов и технологии их нанесения, а также рассчитать тепловые потери нефтепровода, рассчитать оптимальную толщину теплоизоляции на магистральном нефтепроводе в условиях Крайнего Севера. После сравнения тепловых потерь сделать вывод об эффективности теплоизоляции.

					<i>Введение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		14

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Основным источником при написании данной работы являются нормативные документы, ГОСТы, СП и СНИПы. Также используется учебно-методическая литература.

Основным документом для магистральных нефтепроводов является СП 36.13330.2012 свод правил магистральные трубопроводы (Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85*). Требования для изоляционных материалов задаются СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003 (с Изменением N 1).

Так же были изучены руководящие документы по тепловой изоляции для подрядных организаций, выполняющих работы на линейной части магистральных нефтепроводов.

При расчетах были использованы данные из стандартов на теплоизоляционные материалы, методика расчета основана на формулах из СП 61.13330.2012. Расчеты затрат на выполнение работ по теплоизоляции проведены согласно нормированным значениям ГЭСН 81-02-26-2001 государственные элементные сметные нормы на строительные работы Сборник № 26 теплоизоляционные работы.

					Анализ современных материалов для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Татарников В.Е.			Обзор литературы	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков В.П.					15	67
Консульт.						ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

1 ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

1.1 Характеристика грунтов Крайнего Севера

К мерзлым грунтам относятся грунты имеющие отрицательную или равную нулю температуру, а также содержащие ледяные включения. Существует различие между многолетнемерзлым грунтом и сезонномерзлым грунтом. Сезонномерзлый грунт находится в мерзлом состоянии в течение определенного сезона. Многолетнемерзлый грунт находится в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет [1].

Сезонномерзлые грунты распространены на территориях, где зима с отрицательными температурами, при этом скальные породы получают отрицательные температуры, вода кристаллизуется в трещинах. Происходит активное разрушение пород за счет возникаемого напряжения в следствие температурного расширения льда. Дисперсные грунты цементируются за счет кристаллизации воды в порах.

В процессе сезонного промерзания дисперсные грунты за счет связывания льдом приобретают повышенную прочность и становятся водонепроницаемыми.

В весеннее время происходит таяние льда, ранее сцементированные грунты теряют прочность и становятся водонасыщенными. Наибольшая водонасыщенность наблюдается в органических грунтах, такие грунты переходят в разжиженное состояние с большими потерями несущей способности.

Вечномерзлые грунты занимают большие площади на севере Европейской части России и в Сибири. К мерзлым грунтам также относятся чистые льды в виде прослоек и линз.

					Анализ современных материалов для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Татарников В.Е.			Особенности эксплуатации магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков В.П.					16	67
Консульт.						ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

Территория вечномерзлым грунтов подразделяется на три зоны:

- Сплошная мерзлота находится на Крайнем Севере страны мощность достигает сотни метров.
- Зона с таликами находится южнее, отдельные участки представляют собой талые грунты мощность до 100 метров.
- Зона островной мерзлоты занимает южную часть Сибири, мерзлота встречается отдельными участками мощностью до 30 метров.



Рисунок 1 – Зоны мерзлых грунтов на территории России

К районам вечномерзлых грунтов относятся Якутия, Магаданская область, часть Иркутской и Читинской областей, Красноярского края,

Хабаровского края, частично охвачены вечной мерзлотой Тюменская и Свердловская области.

Зона сплошного распространения вечномерзлого грунта составляет 63% территории вечномерзлого грунта, из них 9% относятся к арктической зоне, субарктическая зона составляет 27%, умеренно-холодная 27%. Южная зона занимает 37% территории вечномерзлых грунтов.

По условиям строительства нефтегазовых объектов на севере западной Сибири выделяют 5 инженерно-строительных районов, характеризующихся методами производства работ, учитывающих множественные геокрилогические и гидрометеорологические условия [2].

Первый инженерно-строительный район находится в зоне субарктической и арктической тундры, расположен севернее Полярного Круга. Данному району свойственно сплошное распространение мерзлоты мощностью до 500 метров, среднегодовая температура составляет от -9°C до -3°C . Максимальная глубина оттаивания составляет 2,8 м.

Второй инженерно-строительный район находится южнее полярного Круга в северной части тайги. Мощность многолетнемерзлых пород достигает 150 м, среднегодовая температура грунта составляет от -3°C до 0°C . Сезонное оттаивание грунта достигает 3,2 м.

Третий инженерно-строительный район заключен между водоразделами рек Надым, Казым и широтным коленом реки Обь. Район характеризуется островным распределением температур от 0°C до 3°C .

Четвертый инженерно-строительный район находится в зоне средней тайги, району свойственны талые грунты с островным распространением мерзлых пород до 20 м. Глубина максимального сезонного промерзания составляет 1,75 м.

Пятый инженерно-строительный район располагается южнее Ханты-Мансийска и Нефтеюганска, многолетнемерзлые породы не наблюдаются.

По физическому состоянию вечномерзлые грунты делятся на три вида:

					Особенности эксплуатации магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

- Твердомерзлые – цементированный песок, со свойствами скального грунта
- Пластичномерзлые – цементированная глина с включением жидкой воды, которая может сжиматься под нагрузкой
- Сыпучемерзлые – в виде песка, гравия, где обломки не цементированы, находятся в сыпучем состоянии

Для районов вечной мерзлоты характерны такие криогенные процессы как бугры пучения, термокарст, солифлюкция и наледи.

Бугры пучения образуются в результате подъема слоя за счет давления подземных вод, такие бугры растут в течение долгого времени и достигают больших размеров по высоте и ширине. В районах сезонной мерзлоты такие бугры имеют периодичный характер и называются морозным пучением. Зимой проявляются в виде локальных поднятий слоя до 0,5 метра. Весной при оттаивании грунта образуется яма.

Термокарст представляет собой процесс вытаивания льда при поступлении тепла с поверхности, в результате начинается просадка грунта, в отдельных случаях образуются карсты.

Солифлюкация – процесс при котором наблюдается стекание поверхностного слоя грунта по мерзлой поверхности в следствие перенасыщения грунта водой.

Наледи – образование льда при прорыве грунтовых вод на поверхность.

В мерзлых грунтах не вся вода замерзает при отрицательной температуре. В рыхлых грунтах (песок, супесь) практически вся вода замерзает при температуре -2°C , то в глинах вода может находиться в жидком состоянии до -70°C . Это объясняется высокой способностью связывать поровую воду у мелкодисперсных грунтов из-за большей поверхности минеральных частиц. Влажность грунта влияет на его прочность. Мерзлый грунт с влажностью не более полной влагоемкости, и быстро замороженный представляет собой монолит со слитной криогенной структурой. При повышенной влажности грунта появляются прослойки льда и линзы, что

					Особенности эксплуатации магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

способствует снижению прочности. Наибольшая прочность грунта наблюдается при влажности соответствующей полной влагоемкости, так как грунт прочно сцементировал льдом, и имеет однородную структуру, без посторонних включений [3].

1.2 Особенности взаимодействия магистрального нефтепровода с многолетнемерзлым грунтом

На всей протяженности трубопровода происходит взаимодействие между трубой и окружающей ее средой на расстоянии до 1,5 диаметра от центра трубы [4].

Основная особенность вечноммерзлых грунтов – способность оттаивать и давать просадки. Для прогнозирования последствий в работе трубопровода необходимо учитывать тепловое взаимодействие трубы с грунтом. Так как температура стенки трубы выше температуры многолетнемерзлого грунта, то вокруг нее образуется зона оттаявшего грунта, называемая ореолом оттаивания. Границы ореола не постоянны, так как температура стенки трубы изменяется на всей протяженности трубопровода.

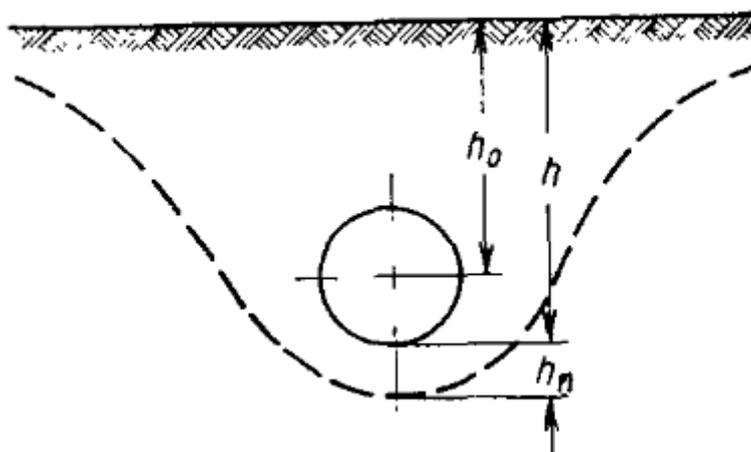


Рисунок 2 – Линия оттаивания грунта.

Отличительной особенностью многолетнемерзлых грунтов является их чувствительность к внешним воздействиям. Незначительное изменение

					Особенности эксплуатации магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

внешнего фактора сказывается на механических свойствах, а значит и на прочность.

Основными факторами, обуславливающими нестабильность механических свойств, являются:

- Изменение температуры многолетнемерзлого грунта, как в естественных условиях, так и под влиянием внешнего источника тепла
- Изменение напряженного состояния под влиянием внутренних и внешних воздействий
- Время воздействия, от которого зависит изменение свойств грунта.

Согласно источнику [3], влияние температуры обусловлено тремя основными процессами, протекающими в грунтах:

- Уменьшением количества незамерзшей воды и увеличением содержания льда-цемента.
- Упрочнением кристаллической решетки льда.
- Структурным уплотнением, обусловленным температурным сокращением всех компонентов грунта.

В следствие различия физических свойств грунта по всей длине трубопровода за один и тот же промежуток времени, в различных сечениях трубы величина оттаивания грунта будет различной. Следовательно, величина просадки трубопровода будет разной. Схема просадки трубопровода показана на рисунке 3. Труба в момент укладки находилась в положении 1. Через некоторый промежуток времени грунт оттаял до положения 3. Труба, просаживаясь в оттаявшем грунте приняла положение 2. Так как грунт не однородный, наблюдаются различные уровни просадки в сечениях I-I и II-II и возникают опасные напряжения, которые могут привести к разрушению трубопровода.

					Особенности эксплуатации магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

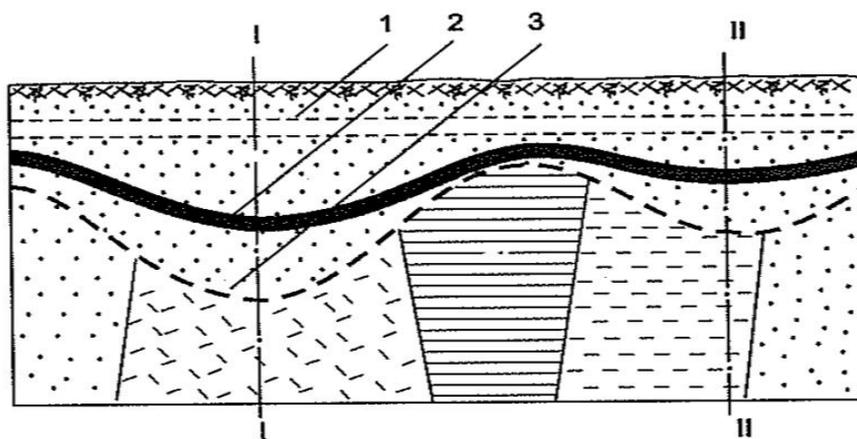


Рисунок 3 – Влияние оттаивания мерзлого грунта на положение подземного трубопровода

В случае последующего замерзания грунта могут возникнуть морозобойные трещины, перпендикулярные продольной оси трубопровода (рисунок 4). Если грунт прочно сцементировался льдом с трубопроводом до образования морозобойных трещин, то в месте, где образуются трещины, возникают большие касательные напряжения по поверхности труба-грунт. Такие напряжения могут стать причиной образования напряжений в материале труб, и труба разорвется в сечении I-I (Рисунок 4).

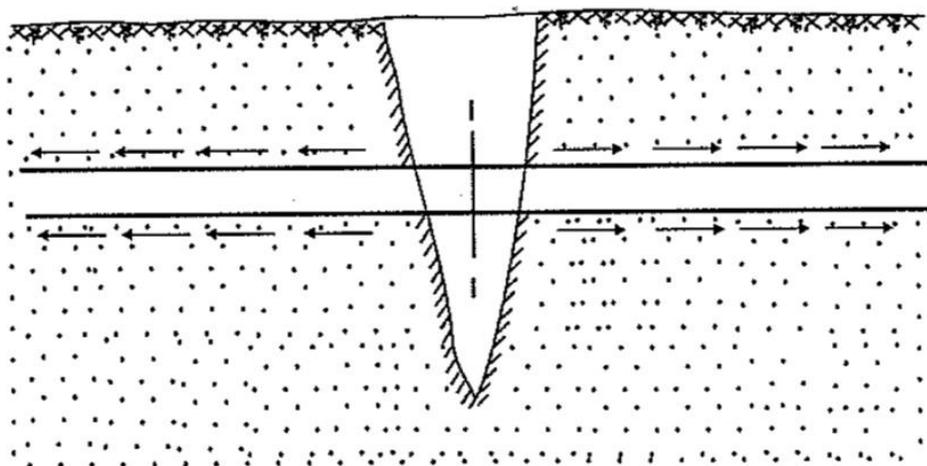


Рис. 4. Морозобойная трещина, пересекающая подземный трубопровод

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Таким образом, если грунт вокруг трубопровода будет оттаивать и вновь смерзаться, положение трубопровода может сильно измениться по сравнению с расчетным, что приведет к изменению режима работы трубы. Это может произойти если не были приняты специальные меры по теплоизоляции трубопровода, во избежание теплопередачи от трубы к грунту.

					Особенности эксплуатации магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 СОВРЕМЕННЫЕ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В процессе эксплуатации нефтепровод подвержен механическим, температурным, вибрационным воздействиям. Данные воздействия определяют ряд требований к строительству и эксплуатации нефтепровода.

К основным требованиям, предъявляемым к теплоизоляционным материалам и конструкциям, относят следующие:

- теплотехническая эффективность;
- эксплуатационная надежность и долговечность;
- пожарная и экологическая безопасность.

Существует ряд показателей, характеризующих свойства теплоизоляционных материалов: плотность, теплопроводность, рабочий диапазон температур, прочность на сжатие при 10 % деформации (для жестких и полужестких материалов), вибростойкость, горючесть, влагопоглощение и стойкость к воздействию химически агрессивных сред, содержание органических веществ и биостойкость.

Наиболее важным показателем является коэффициент теплопроводности материала, данный параметр определяет необходимую толщину теплоизоляционного слоя, следовательно, этим обусловлены нагрузки на трубопровод и конструктивные особенности объекта. Значения коэффициента теплопроводности зависят от температуры изоляционного материала, его структуры, влагонасыщения, наличия швов и стыков, а так же способов монтажа.

Долговечность теплоизоляционных материалов зависит от их конструктивных особенностей и условий эксплуатации. Наибольшее влияние на долговечность оказывает степень агрессивности окружающей среды, а также степень воздействия механических нагрузок.

					Анализ современных материалов для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Татарников В.Е.			Современные изоляционные материалы	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков В.П.					24	67
Консульт.						ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

Качество защитного покрытия определяет срок службы изоляционного материала.

СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» определяет требования пожарной безопасности, для таких отраслей промышленности, как газовая, нефтяная, химическая, допускает применение только негорючих и трудногорючих материалов в составе теплоизоляционных конструкций. При выборе материалов учитываются не только показатели горючести теплоизоляционного слоя и защитного покрытия, но и поведение теплоизоляционной конструкции в условиях пожара в целом. Пожароопасность теплоизоляционных конструкций наряду с другими факторами зависит от температуростойкости защитного покрытия, его механической прочности в условиях огневого воздействия.

Санитарно-гигиенические требования особенно важны при проектировании объектов с технологическими процессами, требующими высокой чистоты, например, в микробиологии, радиоэлектронике, фармацевтической промышленности. В этих условиях применяются материалы или конструкции, не допускающие загрязнения воздуха в помещениях.

Изоляционные покрытия должны обладать следующими свойствами:

водонепроницаемостью, возможность насыщения материала почвенной влагой и тем самым допускающей контакт электролита с поверхностью защищаемого металла, а также увеличение коэффициента теплопередачи не допускается;

хорошей адгезией (прилипаемостью) покрытия к металлу, таким образом отслаивание изоляционного материала от изолируемой поверхности при малых механических воздействиях невозможно;

сплошностью, обеспечивающей надежность покрытия, так как любой зазор в изоляции приводит к коррозионным процессам и появляются мостики холода;

					Современные изоляционные материалы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

химической стойкостью, для обеспечения длительной работы покрытия в условиях агрессивных сред;

электрохимической нейтральностью: составляющие покрытия не должны участвовать в катодном процессе иначе это приведет к разрушению изоляции при электрохимической защите металлического сооружения;

механической прочностью должна быть достаточной для проведения работ по укладке и изоляции при сооружении объекта и выдерживать эксплуатационные нагрузки;

термостойкостью, определяется температурой размягчения при изоляции «горячих» нефтепроводов, и температурой хрупкости, при изоляции работ в зимнее время;

диэлектрическими свойствами, определяющими электрическое сопротивление, исключая возникновение коррозионных элементов между металлом и электролитом и обуславливающими экономический эффект от применения электрохимической защиты;

изоляционный материал не должен оказывать коррозионное и химическое воздействие на защищаемый объект;

быть не дефицитным (широкое применение находят только те материалы, которые имеются в достаточном количестве);

экономичностью (стоимость изоляционного покрытия должна быть во много раз меньше стоимости защищаемого объекта).

Очевидно, что всем этим требованиям не отвечает ни один естественный или искусственный материал, поэтому выбор изоляционного покрытия определяется конкретными условиями строительства и эксплуатации трубопроводов, наличием сырьевой базы, технологичностью процесса нанесения покрытия и т.д., эти условия и определяют диапазон материалов, применяемых в качестве покрытий для стальных труб.

					Современные изоляционные материалы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

2.1 Теплоизоляционные материалы на основе пенополиуретанов

Пенополиуретаны (ППУ) относятся к группе газонаполненных пластмасс на основе полиуретанов, ППУ на 85-90 % состоят из инертной газовой фазы. Применение пенополиуретанов для строительства основывается на малой проницаемости, хорошей адгезии и гидроизоляционными характеристиками. Используются как вязкие самовспенивающиеся составы для заливки или нанесения на месте, так и в виде готовых пресс-форм. Высокие коэффициенты адгезии делают этот материал весьма универсальным. Возможность производить и наносить пенополиуретан непосредственно на строительной площадке значительно снижает сопутствующие расходы [5].

Пенополиуретаны являются вспененными пластическими материалами, в которых часть твердой фазы заменена на газ, обычно воздух, находящийся в полимере в виде многочисленных пузырьков-ячеек. В зависимости от характера реакции образования материала стенки ячеек оказываются неразрушенными или прорванными, что приводит к формированию полимеров с закрытой или открытой ячеистой структурой. Эластичные пенополиуретаны обладают открыто-ячеистой, а жесткие – закрыто-ячеистой структурой. Твердая основа занимает 3% от общего объема теплоизоляционного материала, которая образует каркас.

ППУ способен сохранять свои рабочие свойства в диапазоне температур от -180°C до $+180^{\circ}\text{C}$. Для ППУ свойственны высокая теплоизоляция, малая проницаемость и низкое водопоглощение. В настоящее время является основным теплоизоляционным материалом для магистральных нефтепроводов.

					Современные изоляционные материалы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Таблица 1 - Основные характеристики пенополиуретанов

Теплопроводность, Вт/м*°С	Кол-во закрытых пор, %	Кажущаяся плотность, Кг/м ³	Горючесть	Водопоглощение, %	Разрушающее напряжение, МПа	
					При изгибе	При сжатии
0,029	85..95	30	Г2	1,2..2,1	При изгибе	При сжатии
					1,9	1,0

Одно из основных применений пенополиуретана — нанесение теплоизолирующего покрытия на месте строительства методом напыления, что в свою очередь дает возможность изоляции конструкций любой конфигурации и сложности.

Напыление пенополиуретана широко применяется в строительстве для теплоизоляции: трубопроводов, тепло–водоснабжения, а также криогенных трубопроводов, жилых и промышленных сооружений, резервуаров.

Применение жёстких пенополиуретанов для теплоизоляции трубопроводов тепло– и водоснабжения продиктовано такими уникальными качествами ППУ, как низкий коэффициент теплопроводности, долговечность (не менее 20 лет), высокая технологичность переработки, надёжная антикоррозийная защита трубопроводов, способность к акустической изоляции, возможность изолировки изделий любых габаритов и конфигурации. При выполнении работ по технологии напыления (см. ниже) дополнительным плюсом является невозможность расхищения теплоизоляции на неохраняемых объектах. ППУ стабильно ведут себя при температурах до 120°С. При работах на нефтепроводах и газопроводах как правило ППУ подвергаются дополнительным испытаниям на пожаробезопасность.

Производство работ по напылению ППУ производится с помощью специализированных напылительных установок – пеногенераторов высокого или низкого давления отечественного или зарубежного производства.

Внешне процесс напыления выглядит, как процесс окраски с помощью пульверизатора и позволяет наносить ППУ – теплоизоляцию на изделия любых габаритов и конфигурации. Послойное напыление ППУ допускает изготовление монолитного слоя теплоизоляции любой необходимой толщины. Монолитность напылённого покрытия обеспечивает отсутствие мостиков холода, антикоррозийную защиту и невозможность расхищения теплоизоляции.

Также немаловажно отметить снижение транспортных затрат, так как расходные материалы поставляются на объект в жидком виде и при напылении расширяются в объёме приблизительно в 20 раз.

Существует ряд требований к поверхности, на которую наносится изоляция. Поверхность должна быть:

- сухой;
- чистой;
- не замасленной;
- без следов активной коррозии;

Работа в зимний период на действующих трубопроводах принципиально не отличается от работ, проводимых в тёплое время года, с той лишь разницей, что расходные компоненты нуждаются в прогреве до рабочей температуры. В случае прогретой напыляемой поверхности температура окружающего воздуха принципиального значения не имеет. Работы по холодным поверхностям ведут к ухудшению адгезии ППУ с трубой и радикальным перерасходам компонентов.

Преимущества теплоизоляции трубопроводов пенополиуретаном:

- сплошной слой теплоизоляции без образования мостиков холода и шатровых пустот;
- теплоизоляция повторяет любую форму и размер трубопроводов;
- высокая адгезия;

					Современные изоляционные материалы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

- тепло- и морозостойкость пенополиуретана позволяют обрабатывать практически любые трубопроводы (кроме паропроводов);
- нет необходимости в дополнительной защите теплоизоляции от солнца и атмосферных воздействий;
- делает невозможным хищение теплоизоляции;
- долгий срок службы теплоизоляции и защита трубопроводов от воздействий окружающей среды;
- защита трубопроводов от коррозии;
- пенополиуретан также действует как шумоизоляция;
- устойчивость к действию микроорганизмов и агрессивных сред.

Кроме того, утепление пенополиуретаном устойчиво к вращению корней, воздействию грызунов.

Недостатки теплоизоляции трубопроводов пенополиуретаном:

- распыляемая теплоизоляция при разбрызгивании может повредить близстоящие автомобили и другие ценные вещи;
- значительный перерасход материалов при сильном ветре и/или малом диаметре трубопровода;
- невозможность провести работы по напылению в зимнее время (исключением является случай теплоизоляция горячих трубопроводов в зимнее время);

					Современные изоляционные материалы	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2 Теплоизоляционные материалы на основе пенополиизоцианурата

Пенополиизоцианурат (ПИР) — терморезистивный полимерный материал с закрытыми ячейками, обладающий достаточно высокой степенью жёсткости и используемый в качестве теплоизоляционного материала.

ПИР является терморезистивным материалом, что позволяет выдерживать более высокие температуры, и не поддерживать самостоятельного горения.

Теплопроводность стабильна и обеспечивает изоляцию до 15 лет. Срок службы ограничен диффузией газов, которые образуются при образовании пены. Газы постепенно заменяются воздухом, в следствие чего меняется значение теплопроводности. Стальная оболочка и прокладка нефтепровода подземным способом могут замедлить процесс диффузии газов.

ПИР обладает минимальным влагопоглощением, то есть не впитывает воду из воздуха. ПИР подвергается деформации при длительном хранении под дождем и прямыми солнечными лучами [6].

Пенополиизоцианурат сохраняет свои свойства при температурах от -183°C до +149°C.

Таблица 2 – Основные характеристики ПИР [7]

Теплопроводность, Вт/м*°С	Кол-во закрытых пор, %	плотность, Кг/м ³	Горючесть	Водопоглощение, %	Разрушающее напряжение, МПа	
					При изгибе	При сжатии
0,024	95..97	33	Г1	0,7	При изгибе	При сжатии
					0,2	0,12

Преимущества ПИР:

- Низкая группа горючести. ПИР относится к слабогорючим материалам. При взаимодействии ПИР с огнем на поверхности

					Современные изоляционные материалы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

образуется кокс, который ограничивает доступ кислорода и материал самозатухает

- Во время эксплуатации не изменяются свойства и характеристики, что обеспечивает большой срок эксплуатации
- ПИР обладает повышенной химической стойкостью, не подвержен биологическому воздействию
- Обладает наибольшей устойчивостью к различным климатическим условиям, переносит перепады температур и сохраняет свои свойства

					Современные изоляционные материалы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

2.3 Сравнительный анализ материалов и технологии теплоизоляции с применением данных материалов

Пенополиуретан является наиболее распространенным материалом для теплоизоляции в нефтегазовой отрасли. Его распространенность обусловлена низким коэффициентом теплоизоляции и высокой адгезией на любой тип поверхности.

Пенополиизоцианурат стремительно занимает большую часть рынка теплоизоляционных материалов в странах запада. ПИР зарекомендовал себя благодаря низкому коэффициенту теплопроводности, высокой адгезии высокому проценту закрытых пор и неспособностью поддерживать самостоятельное горение.

Сравним каждую из характеристик ППУ и ПИР:

Теплопроводность характеризует способность материала проводить тепло, следовательно, чем ниже коэффициент теплопроводности, тем ниже теплотери трубопровода. При низком коэффициенте теплопроводности требуется меньший слой изоляции, что снижает общий объем выработки грунта под траншею.

Коэффициент теплопроводности ППУ составляет 0,029 Вт/м·°С, коэффициент теплопроводности ПИР составляет 0,024 Вт/м·°С. Разница составляет 0,005 Вт/м·°С.

Количество закрытых пор играет важную роль в сплошности покрытия изолируемой поверхности. Большой процент закрытых пор гарантирует отсутствие контакта изолируемой поверхности с электролитом, а также отсутствие мостиков холода.

У ППУ данный показатель колеблется от 85% до 95%, у ПИР количество закрытых пор более 95%

Плотность ограничивает монтажные и строительные возможности производства. При высокой плотности увеличивает физическая нагрузка на персонал, и ограничивается грузоподъемность транспортных средств.

					Современные изоляционные материалы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Появляется необходимость создавать малогабаритные конструкции для удобства монтажа. Плотность ППУ и ПИР составляет 30 кг/м³ и 33 кг/м³ соответственно.

Водопоглощение характеризует способность материала впитывать в поры воду при намокании. При наполнении пор материала водой наблюдается резкое увеличение коэффициента теплопроводности, так как вода становится участником теплообмена. Водопоглощение у ППУ составляет 2,1%, ПИР – 0,7%.

Класс горючести является описательной характеристикой как материал ведет себя при контакте с огнем и высокими температурами. ППУ имеет класс горючести Г2, ПИР – Г1. Классу горючести Г2 соответствуют материалы умеренногорючие. Данные материалы имеют температуры дымовых газов не более 235 °С, с продолжительностью самостоятельного горения не более 30 секунд и повреждениями не более 50% по массе. Классу Г1 соответствуют материалы слабогорючие с температурой дымовых газов не более 135 °С, без самостоятельного горения.

Разрушающее напряжение описывает максимальную нагрузку, которую способен выдержать материал. ППУ более прочный, чем ПИР и имеет разрушающее напряжение при изгибе 1,9 МПа и 1,0 МПа при сжатии. ППУ имеет разрушающее напряжение при изгибе 0,2 МПа и 0,12 МПа при сжатии.

Технология нанесения ППУ и ПИР не имеет принципиального различия. Наиболее рационально наносить изоляцию на трубу в заводских условиях, оставляя торцы не изолированными для сварки труб в одну нить.

После проведения сварочных работ и дефектоскопии рационально изолировать неизолированные участки трубопровода при помощи заводских пресс-форм, для повышения надежности теплоизоляции соединение пресс-форм следует производить при помощи специального термостойкого герметика. Данный способ сводит к минимуму образование мостиков холода.

					Современные изоляционные материалы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

После крепления пресс-форм следует сверху закрепить оболочку из оцинкованной стали, для защиты изоляции от механических повреждений. Так как мерзлый грунт сцементирован льдом и имеет включения льда, то защитная оболочка для трубопровода в районах Крайнего Севера является обязательным элементом.

					Современные изоляционные материалы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Расчет толщины теплоизоляционного слоя

Для безотказной перекачки нефти по нефтепроводу необходимо учитывать наличие теплоизоляции и ее параметры для поддержания наиболее оптимальной температуры нефти.

Главная задача при теплоизоляции – подбор наиболее оптимального материала, для данных условий. Материал должен сохранять свои теплоизоляционные свойства в течение длительного времени, при больших перепадах температуры и иметь низкий коэффициент теплопроводности для сокращения объемов производства.

Ниже представлены расчеты толщины теплоизоляционного слоя из ППУ и ПИР для смоделированного магистрального нефтепровода.

Таблица 3 – Исходные данные

Диаметр трубопровода, d	0,530 м
Толщина стенки, δ	0,009 м
Температура нефти в трубе, $t_{\text{нефти}}$	55°C
Коэффициент теплопроводности ППУ, λ_1	0,029 Вт/м·°C
Коэффициент теплопроводности ПИР, λ_2	0,024 Вт/м·°C

Рассчитаем допустимые значения плотности теплового потока для цилиндрической поверхности диаметром менее 1400 мм. Согласно [8]:

$$q_l^{reg} = q_l K$$

Где q_l – нормированная линейная плотность теплового потока (на 1 м длины цилиндрического объекта), Вт/м, K – коэффициент, учитывающий

					Анализ современных материалов для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Татарников В.Е.			Расчетная часть	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков В.П.					36	67
Консульт.						ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

изменение стоимости теплоты и теплоизоляционной конструкции в зависимости от района строительства и способа прокладки трубопровода

Методом интерполяции данных таблицы 2 из СП 61.13330.2018, для поставленной задачи q_l составляет 64,8 Вт/м; $K=0,9$ (для районов Крайнего Севера)

$$q_l^{reg} = 64,8 \cdot 0,9 = 58,32 \text{ Вт/м}$$

Согласно [8] при расчете толщины однолойной изоляции трубопровода толщиной стенки можно пренебречь, так как сопротивление теплопередаче стали пренебрежимо мало по сравнению с сопротивлением теплопередачи изоляционного материала.

Рассчитаем толщину теплоизоляционного слоя из ППУ:

$$\ln B = 2\pi\lambda_1 \left[\frac{K(t_B - t_H)}{q_L^H} - R_H^L \right]$$

Где λ_1 – коэффициент теплопроводности ППУ; K – коэффициент дополнительных теплотерь (принимается равным 1)[8]; t_B, t_H – температура внутри изолируемого объекта и окружающей среды соответственно; q_L^H – нормированная линейная плотность теплового потока; R_H^L – линейное термическое сопротивление теплоотдаче наружной стенки изоляции согласно [8] принимается равным 0,02. Изоляция должна обеспечивать транспортировку нефти в регионе с суровым климатом, где зимой температура опускается до минус 50 °С, тогда в задаче t_H принимаем равным минус 50 °С.

$$\ln B = 2\pi \cdot 0,029 \left[\frac{1 \cdot (55 - (-50))}{58,32} - 0,02 \right] = 0,324$$

Определим величину B , где $B = \frac{d_H^{CT} - 2\delta_{из}}{d_H^{из}}$

					Расчетная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$B = e^{0,324} = 1,383$$

Тогда толщина теплоизоляционного слоя $\delta_{из}$ будет равна:

$$\delta_{из} = \frac{d_H^{ст}(B - 1)}{2}$$

Где $d_H^{ст}$ – наружный диаметр трубопровода

$$\delta_{из} = \frac{0,53(1,383-1)}{2} = 0,102 \text{ м}$$

Аналогично проведем расчеты толщины теплоизоляционного слоя с применением ПИР:

$$\ln B = 2\pi \cdot 0,024 \left[\frac{1 \cdot (55 - (-50))}{58,32} - 0,02 \right] = 0,268$$

$$B = e^{0,268} = 1,307$$

$$\delta_{из} = \frac{0,53(1,307-1)}{2} = 0,082 \text{ м}$$

Проведем проверку допустимости толщины теплоизоляционного слоя из ПИР, для этого воспользуемся формулой расчета теплового потока через цилиндрическую поверхность диаметром менее 2 метров.

Сопротивление теплоотдаче от внутренней среды к внутренней поверхности стенки изолируемого объекта является пренебрежимо малым в сравнении с термическим сопротивлением теплоизоляционного слоя и может не учитываться в расчетах.

					Расчетная часть	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Теплопроводность стенки из металла в многократно превышает теплопроводность изоляционного материала, поэтому термическим сопротивлением стенки можно пренебречь.

Учитывая, выше указанные допущения расчет производится по формуле:

$$q_L = \frac{(t_B - t_H)K}{\sum_{i=1}^n R_i^L + R_H^L}$$

Где K – коэффициент дополнительных потерь, учитывающий теплопотери через теплопроводные включения в теплоизоляционных конструкциях, обусловленных наличием в них крепежных деталей и опор, принимаем равным 1,1.

Рассчитаем сопротивление теплоотдаче R_H^L :

$$R_H^L = \frac{1}{\pi d_H^{из} \alpha_H}$$

Где $d_H^{из}$ – внешний диаметр теплоизоляционного слоя; α_H – коэффициент теплоотдачи от теплоизоляционного слоя в окружающую среду, определяется согласно [8]

$$R_H^L = \frac{1}{\pi \cdot 0,693 \cdot 26} = 0,018$$

Затем рассчитывается термическое сопротивление R_i^L :

$$R_i^L = \frac{1}{2\pi\lambda_i} \cdot \ln \frac{d_H^i}{d_{вн}^i}$$

										Лист
										39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Расчетная часть					

Где d_n , $d_{вн}$ – соответственно наружный и внутренний диаметры теплоизоляционного слоя; λ – коэффициент теплопроводности теплоизоляционного слоя

$$R_t^L = \frac{1}{2\pi \cdot 0,024} \cdot \ln \frac{0,693}{0,53} = 1,78$$

Тогда:

$$q_L = \frac{(55 - (-50)) \cdot 1,1}{1,78 + 0,018} = 58,2 \text{ Вт/м}$$

3.2 Выводы по расчетной части

При решении задачи по расчету необходимой толщины теплоизоляционного слоя смоделированного нефтепровода были получены следующие данные:

- Минимальная толщина теплоизоляционного слоя с применением ППУ составляет 0,101 м, что составит 28 % от общего диаметра трубопровода с нанесенным слоем изоляции.
- Минимальная толщина теплоизоляционного слоя с применением ПИР составляет 0,082 м, что составит 24 % от общего диаметра трубопровода с нанесенным слоем изоляции.

При снижении коэффициента теплопроводности в 0,005 Вт/м·°С мы получаем снижение линейной плотности теплового потока на 12,02 Вт/м, что составляет 21 % от нормированного значения для нефтепровода диаметром 530 мм и температурой нефти в трубопроводе 55°С в районах Крайнего Севера.

					Расчетная часть	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

При подготовке к проведению работ по теплоизоляции магистрального нефтепровода необходимо определить объем работ, необходимое количество персонала и оборудования, разряд и квалификацию персонала.

Все расчеты проводятся для смоделированного магистрального нефтепровода протяженностью 50 км, выполненный из труб в заводской изоляции с диаметром 530 мм и толщиной стенки 9 мм, длиной 15 м.

4.1 Расчет срока проведения работ

Трубы поставляются на трассу в заводской изоляции, с неизолированными стыками. Согласно ГОСТ 30732-2006 расстояние от кромки трубы до конца изоляции составляет 0,25 м, тогда длина одного неизолированного участка составляет 0,5 м. Для трубопровода протяженностью 50000 м, потребуется 3334 трубы длиной 15 м, следовательно, изоляции подлежит 3333 стыка на трубопроводе. Проводить изоляцию наиболее рационально с использованием штучных изделий из ППУ

Рассчитаем объем изоляции одного стыка:

$$O_{\text{ст}} = \frac{\pi \cdot ((d_{\text{T}} + 2\delta)^2 - d_{\text{T}}^2) \cdot l}{2}$$

Где d_{T} – диаметр трубы, δ – толщина теплоизоляционного слоя, l – длина неизолированного участка трубы

					Анализ современных материалов для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Татарников В.Е.			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков В.П.					41	67
Консульт.		Макашева Ю.С.				ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

$$O_{\text{ст}} = \frac{\pi \cdot ((0,53 + 2 \cdot 0,085)^2 - 0,53^2) \cdot 0,5}{2} = 0,165 \text{ м}^3$$

Всего на теплоизоляцию нефтепровода необходимо:

$$O_{\text{и}} = O_{\text{ст}} \cdot n$$

Где $O_{\text{ст}}$ – объем изоляции для одного стыка, n – количество стыков

$$O_{\text{и}} = 0,165 \cdot 3333 = 550 \text{ м}^3$$

Составим таблицу необходимого количества человеко-часов на основе ГЭСН 26-01-022-1:

Таблица 4 – Нормы на изоляцию поверхностей трубопроводов
штучными изделиями из ППУ

Наименование элемента затрат	Ед. измер.	Количество
Затраты труда рабочих-строителей	чел.-ч.	27,74
Средний разряд работы		3,1
Затраты труда машинистов	чел.-ч.	0,4
МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ		
Автомобили бортовые грузоподъемностью до 5 т	маш.-ч.	0,4
Установки для изготовления бандажей, диафрагм, пружек	маш.-ч.	0,59
МАТЕРИАЛЫ		
Изделия теплоизоляционные из пенополиуретана	м ³	1,1
Клей резиновый № 88-Н	кг	9,1

Лента стальная упаковочная, мягкая, нормальной точности 0,7'20-50 мм	т	0,0057
Сталь оцинкованная листовая толщина листа 0,8 мм	т	0,0006
Листы алюминиевые марки АД1Н, толщиной 1 мм	кг	0,193
Винты самонарезающие оцинкованные	т	0,00004

С учетом объема производства 550 м³ и коэффициента 1,1 за стесненность производства (коэффициент добавляется только к затратам на часы, затраты материалов остаются неизменными), таблица затрат на производство работ по изоляции примет вид:

Таблица 5 – требуемые затраты на изоляцию поверхностей трубопроводов штучными изделиями из ППУ

Наименование элемента затрат	Ед. измер.	Количество
Затраты труда рабочих-строителей	чел.-ч.	167782,7
Средний разряд работы		3,1
Затраты труда машинистов	чел.-ч.	242
МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ		
Автомобили бортовые грузоподъемностью до 5 т	маш.-ч.	242
Установки для изготовления бандажей, диафрагм, пряжек	маш.-ч.	259,95
МАТЕРИАЛЫ		
Изделия теплоизоляционные из пенополиуретана	м ³	605
Клей резиновый № 88-Н	кг	5005

Лента стальная упаковочная, мягкая, нормальной точности 0,7'20-50 мм	т	3,14
Сталь оцинкованная листовая толщина листа 0,8 мм	т	0,33
Листы алюминиевые марки АД1Н, толщиной 1 мм	кг	106,15
Винты самонарезающие оцинкованные	т	0,022

Рассчитаем срок выполнения работ. Пусть работы ведутся двумя вахтами посменно. Тогда работы ведутся ежедневно по 9 часов, изоляция проводится 4 бригадами. Бригада состоит из 15 рабочих 3 разряда и мастера 5 разряда, в таком случае средний разряд рабочих составит 3,125 и соответствует требованию из таблицы 5. За каждой бригадой будет закреплен отдельный производственный участок. Подвоз материалов будет производиться отдельной машиной для каждой бригады.

Таблица 6 – План выполнения работ

Наименование элемента затрат	количество	Норма часов
Рабочий-строитель 3р	60	2622
Рабочий-строитель 5р	4	2622
Машинист	4	60,5
МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ		
Автомобили бортовые грузоподъемностью до 5 т	4	60,5
Установки для изготовления бандажей, диафрагм, пряжек	4	65

Таким образом на работы по теплоизоляции магистрального нефтепровода необходимо 2622 часов или 292 рабочих дня.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

4.2 Расчет затрат на производство работ

Расчет амортизационных отчислений определяет затраты на использование машин и агрегатов.

Таблица 7 – Расчет амортизационных отчислений

Объект	Стоимость руб.	Норма амортизации и %	Сумма амортизации в год, руб.	Сумма амортизации в час, руб.	Кол-во	Время работы, час.	Сумма амортизации, руб.
ГАЗ-3325	2000000	14,3	286000	32,65	4	60,5	7836
Установка для изготовления бандажей, диафрагм, пряжек	720000	7,7	55440	6,33	4	65	1645,8
Итого, руб.							9481,8

Расчет затрат на материалы производится согласно принятой стоимости материалов и количества материалов полученного при расчетах выше.

Таблица 8 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Ед. измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Изделия теплоизоляционные из ППУ	м ³	605	13847,25	8377586
Клей резиновый № 88-Н	кг	5005	336,82	1685784
Лента стальная упаковочная, мягкая, нормальной точности 0,7'20-50 мм	т	3,14	56811,15	178103
Сталь оцинкованная листовая толщина листа 0,8 мм	т	0,33	82335	27170,55

Листы алюминиевые марки АД1Н, толщиной 1 мм	кг	106,15	395,66	41999,31
Винты самонарезающие оцинкованные	т	0,022	248352,3	5463,75
Итого:				10316107

Расчет затрат на оплату труда включается в себя:

- суммы, начисленные по тарифным ставкам, должностным окладам, сдельным расценкам или в процентах от выручки от реализации продукции
- надбавки по районным коэффициентам за работу в районах Крайнего Севера

Таблица 9 – Расчет заработной платы

Профессия	Разряд	Кол-во	Тарифная ставка, руб./час	Время, ч.	Тарифный фонд, ЗП, руб.	Северный и районный коэф., 30 %	Заработная плата с учетом надбавок, руб.
Мастер	5	4	200,84	2622	2106409,92	631922,98	2738332,9
Рабочий-строитель	3	60	154,46	2622	24299647,2	7289894,1	31589541,3
Итого							34327874

Таким образом затраты на работы по теплоизоляции сварных стыков трубопровода составят:

- 9481,8 рублей на амортизационные отчисления
- 10316107 рублей на материалы

– 34327874 рублей на оплату труда
Суммарные расходы составят 44643981 рубль.

4.3 SWOT-анализ

Таблица 10 – SWOT-анализ ПИР

	<p>слабые стороны:</p> <p>1)высокая цена</p> <p>2)низкая прочность строительного материала</p>	<p>сильные стороны:</p> <p>1)сокращение объемов строительных материалов</p> <p>2)быстрая переподготовка сотрудников</p> <p>3)Класс горючести Г1</p>
<p>потенциальные угрозы:</p> <p>1)Повышение затрат на изоляционные работы</p> <p>2)ужесточение нормативных стандартов</p>	<p>Внедрение контроля качества позволит применять материал в более широких масштабах</p>	<p>сокращение объемов строительных материалов за счет улучшения их свойств позволит применять материал без повышения затрат.</p> <p>Наличие соответствующих сертификатов позволит действовать в рамках законодательства.</p> <p>Быстрая переподготовка</p>

		сотрудников позволит в кратчайшие сроки наладить производство
<p>потенциальные возможности:</p> <p>1) государственная поддержка производства</p> <p>2) использование технологических достижений для улучшения производства</p> <p>3) сокращение затрат на подогрев продукта</p>	<p>В долгосрочной перспективе высокая стоимость окупится снижением затрат на подогрев продукта, для его транспортировки.</p> <p>При использовании технологических достижений исключается такой недостаток как низкая прочность материала</p>	<p>Сокращение объемов строительных материалов за счет улучшения их свойств позволит сократить сроки работ.</p> <p>Уменьшение габаритов и массы строительным материалов снизит физическую нагрузку на персонал</p>

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Изоляционные работы магистральных нефтепроводов сопровождаются вредными и опасными факторами производства. Для защиты работников предприятия разрабатывается социальная ответственность, обеспечивающая безопасную жизнедеятельность человека, которая в основном зависит от правильной оценки производственных факторов.

Производственные факторы могут привести к изменениям в организме человека. Факторами служат производственная среда, умственная и физическая нагрузка, нервное напряжение, эмоциональное напряжение, климатические условия.

Социальная ответственность предприятия – это не только реализация своих экономических целей и интересов, но и учет социальных последствий воздействия деловой активности на собственный персонал, потребителей и организации, совместно с которыми осуществляется деятельность.

5.1 Производственная безопасность

Работы по нанесению тепловой изоляции заливочными пенопластами в условиях монтажа необходимо выполнять с соблюдением правил техники безопасности, пожарной безопасности, санитарных норм и других нормативных документов.

К работе по изготовлению пенополиуретана для тепловой изоляции допускаются лица, прошедшие инструктаж и проверку знаний по безопасным методам работы непосредственно на рабочем месте с последующим оформлением в личной карточке инструктажа, сдавшие экзамен и имеющие удостоверение на допуск к самостоятельной работе.

					Анализ современных материалов для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Татарников В.Е.			Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков В.П.					49	67
Консульт.		Абраменко Н.С.				ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

Лица, имеющие заболевания дыхательных путей и сердца, к работе по заливке пенополиуретана не допускаются.

Все работы по тепловой изоляции из пенополиуретана проводятся в спецодежде с применением индивидуальных средств защиты:

- костюм хлопчатобумажный,
- ботинки кожаные,
- защитные очки,
- перчатки резиновые,
- рукавицы хлопчатобумажные.

Для рабочих, занятых непосредственно подготовкой сырья и изготовлением пенополиуретана, должна быть обеспечена еженедельная смена и стирка спецодежды.

Во избежание несчастных случаев необходимо:

строго соблюдать технологический режим процесса;

- соблюдать инструкцию по технике безопасности, промсанитарии и пожарной безопасности участка;
- внимательно следить за герметичностью аппаратов и коммуникаций, не допускать разлива химических веществ;
- работать только в спецодежде и обязательно использовать средства защиты;
- иметь вблизи рабочего места средства для дегазации применяемых химических веществ (5-10 %-ный раствор аммиака, 5 %-ный раствор соляной кислоты), а также аптечку с необходимыми медикаментами, в которой дополнительно должны быть 1,3 %-ный раствор поваренной соли, 5 %-ный раствор борной кислоты, этиловый спирт, 2 %-ный раствор питьевой соды;
- уметь оказать первую доврачебную помощь при поражении электрическим током (искусственное дыхание, массаж сердца);
- регулярно проверять исправность оборудования и КИП;

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

- следить за исправностью и наличием систем заземления;
- применять меры по защите от статического электричества;
- не начинать работу без ограждения движущихся частей оборудования.

В местах хранения и приготовления рабочих смесей и на участках заливки пенополиуретана запрещено производить электро- и газосварочные работы, разводить огонь, курить или вести работы, вызывающие образование искр.

Основные опасные и вредные факторы производства в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74, приведены в таблице 3.

Таблица 11 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по изоляции трубопровода

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Изоляционные работы	Ненормированные параметры микроклимата; Запыленность и загазованность воздуха; Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте.	Электрический ток; Движущиеся машины и механизмы	ГОСТ 12.1.038-82; СанПиН 2.2.2776-10; ГОСТ 12.0.003.-74; ГОСТ 12.1.003-83; ГОСТ 12.1.004-91*; ГОСТ 12.1.005-88*; ГОСТ 12.1.010-76; ГОСТ 12.1.011-78*; ГОСТ 12.4.011-89; ГОСТ 12.1.019-79.

5.2 Анализ вредных производственных факторов

5.2.1 Ненормированные параметры микроклимата

Источником формирования данного вредного производственного фактора могут являться плохие метеорологические условия, в результате которых возможно отклонение показателей микроклимата в рабочей зоне. Отклонение показателей микроклимата может привести к ухудшению общего самочувствия рабочего.

Нормирование параметров на открытых площадках не производится, но определяются конкретные мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия их на организм рабочего. При отклонении показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, которые предусмотрены отраслевыми нормами и соответствуют времени года. При определенной температуре воздуха и скорости ветра в холодное время работы приостанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.1.005–88* (табл. 4).

Таблица 12 – Работы на открытом воздухе приостанавливаются при погодных условиях

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С
Ветер отсутствует	-40
Не более 5,0	-35
5,1-10,0	-25
10,1-15,0	-15
15,1-20,0	-5
Более 20,0	0

Оптимальный климат характеризуется сочетанием таких параметров, которые обуславливают сохранение нормального функционального состояния организма. В зимний и летний период при работе на открытом воздухе для

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

предотвращения перегрева или переохлаждения рабочие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, которые предусмотрены отраслевыми нормами и соответствуют времени года.

5.2.2 Запыленность и загазованность рабочего места

Источником возникновения загазованности на месте проведения работ, могут служить техника, оборудование, такие как: экскаваторы, бульдозеры, краны, так же при изоляции пенополиуретаном методом напыления возможно попадание ППУ на слизистую организма.

При работе с вредными веществами работающий персонал должно быть обеспечен средствами индивидуальной защиты. При работе в местах, где концентрация вредных веществ в воздухе может превышать ПДК, работников должны обеспечивать соответствующими противогазами. Для предотвращения загазованности воздуха рабочей среды, следует контролировать работу специальной техники, не допуска работу техники, незадействованной в производстве работ.

5.2.3 Повышенный уровень шума

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты. Основным источником шума при теплоизоляционных работах является пеногенератор.

Длительное воздействие шумов отрицательно сказываются на эмоциональном состоянии персонала, а также может привести к снижению слуха.

Согласно ГОСТ 12.1.003 – 83 эквивалентный уровень шума (звука) не должен превышать 80 дБА.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

5.3 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

5.3.1 Электрический ток

Опасное воздействие на людей электрического тока проявляется в виде электротравм (ожоги, металлизация кожи, механические повреждения), электрического удара и профессиональных заболеваний. Степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- силы тока;
- сопротивления;
- условий внешней среды;
- подготовки персонала.

Значение напряжения в электрической цепи должно удовлетворять и быть не более 50 мА. Для защиты от поражения электрическим током применяют коллективные и индивидуальные средства. Коллективные средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль, установка оградительных устройств, предупредительная сигнализация и блокировка, использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов, применение малых напряжений, защитное заземление, зануление, защитное отключение. Индивидуальные средства защиты: диэлектрические перчатки, инструменты с изолированными рукоятками, диэлектрические боты, изолирующие подставки в соответствии с ГОСТ 12.1.019-79

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

5.3.2 Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования

Место проведения работ должно быть ограждено. По периметру ограждения и по углам, на расстоянии не более 30 м друг от друга, а также в местах прохода людей должны быть выставлены знаки безопасности в соответствии с ГОСТ Р. 12.4.026. Знаки безопасности и разметка сигнальная, размер которых должен обеспечивать их визуальное восприятие на расстоянии не менее 15 м. Запрещается передвижение техники, не занятой в производстве строительного-монтажных работ, ближе 10 м от края траншеи. Запрещается размещение механизмов и техники, участвующих в работе строительству трубопровода, на расстоянии менее 1,5 м от бровки траншеи.

Все работы производятся при наличии у рабочих защитных касок. Погрузочно – разгрузочные работы выполняют лица, прошедшие специальное производственное обучение и имеющие соответствующие документы, подтверждающие их квалификацию.

При работе нужно быть внимательным и осторожным. Площадки для погрузочно – разгрузочных работ должны быть спланированы и иметь уклон не более 5 градусов. Запрещается выполнение работ при скорости ветра 15 м/с и более, при гололеде, грозе и тумане, исключающих видимость в пределах фронта работ.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Перечень возможных ЧС:

- стихийного характера (лесные пожары, наводнения, ураганные ветры);
- социального характера (террористический акт);
- техногенного характера (производственная авария).

Наиболее типичной и опасной является ЧС техногенного характера.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Для снижения риска возникновения ЧС проводятся следующие мероприятия:

- организуется техническая диагностика оборудования, а также его техническое обслуживание и ремонт;
- осуществляется приобретение современных приборов контроля и сигнализации на замену физически и морально устаревших;
- проводятся периодические и внеочередные инструктажи с обслуживающим персоналом.

Одним опасным фактором возникновения ЧС во время проведения полевых работ является пожаро-взрывоопасность. В зоне работы возможно скопление паров нефти, сероводорода, метана, легких углеводородов. Эти газы являются горючими и увеличивают риск возникновения пожаров и взрывов.

Источниками возникновения пожара могут быть устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов, короткие замыкания, перегрузки. Источники взрыва – газовые баллоны, трубопровод под давлением. Результатам негативного воздействия пожара и взрыва на организм человека являются ожоги различной степени тяжести, повреждения и возможен летальный исход. Предельно – допустимая концентрация паров нефти и газов в рабочей зоне не должна превышать по санитарным нормам 300 мг/м^3 , при проведении газоопасных работ, при условии защиты органов дыхания, не должно превышать предельно – допустимую взрывобезопасную концентрацию (ПДБК), для паров нефти 2100 мг/ м^3 в соответствии с ГОСТ 12.1.010-76. К средствам тушения пожара, предназначенных для локализации небольших загораний, относятся пожарные стволы, огнетушители, сухой песок, асбестовые одеяла, вода и т. п. Для предотвращения взрыва необходимо осуществлять постоянный контроль давления по манометрам в трубопроводе,

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

а также каждые пол часа производить замер газовой смеси, с помощью газоанализатора.

5.5 Экологическая безопасность

5.5.1 Защита атмосферы.

В нефтяной промышленности проводятся работы, направленные на снижение выбросов основных парниковых газов (диоксида углерода и метана). Приоритетной задачей является создание корпоративной системы контроля, инвентаризации и учета выбросов парниковых газов. Согласно, вредным (загрязняющим) веществом является - химическое или биологическое вещество либо смесь таких веществ, которые содержатся в атмосферном воздухе и которые в определенных концентрациях оказывают вредное воздействие на здоровье человека и окружающую среду. В качестве меры, ограничивающей содержание загрязняющих веществ в окружающей природной среде, принята предельно допустимая концентрация (ПДК). ПДК - такая концентрация, при воздействии которой на организм человека периодически или в течение всей жизни, прямо или опосредованно не возникает заболеваний или изменений состояния здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований сразу или в отдаленные сроки жизни.

В практике нормирования и для санитарной оценки степени загрязнения воздушной среды используются следующие виды ПДК: Предельно допустимая концентрация вредного (загрязняющего) вещества в воздухе рабочей зоны (ПДКра) - это такая концентрация вещества в воздухе, которая не вызывает у работающих людей при ежедневном вдыхании в пределах 8 часов в течение всего рабочего стажа заболеваний или отклонений от состояния здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования непосредственно в процессе работы или в отдаленной перспективе. Предельно допустимая среднесуточная концентрация вредного

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

(загрязняющего) вещества в воздухе населенных мест (ПДКсс)- это такая концентрация вещества в воздухе населенного пункта, которая не оказывает на человека прямого или косвенного действия в условиях непосредственно долгого круглосуточного вдыхания.

5.5.2 Защита гидросферы.

Ключевым элементом в области снижения влияния объектов производства на водные ресурсы является уменьшение забора воды и качество очистительных процедур. Повышение эффективности действующих очистных сооружений и внедрение новых технологий очистки стоков позволяет обеспечить нормативное качество очистки сточных вод. Основные источники загрязнения рек и водоемов транспортируемым продуктом при транспортировке его по магистральным трубопроводам аварийные утечки при отказах подводных переходов. Наиболее распространенные причины аварии подводных трубопроводов: деформации вследствие потери устойчивости, механических ударов, резонансовые явления на размываемых участках переходов, нарушения гидроизоляционного покрытия и коррозия. В результате загрязнения воды изменяются ее физические, химические и органолептические свойства, ухудшаются условия обитания в воде организмов и растительности, затрудняются все виды водопользования. По степени загрязненности воды и ожидаемым последствиям различают четыре категории загрязнения. Влияние транспортируемого продукта на водоем проявляется в ухудшении физических свойств воды (замутнение, изменение цвета, вкуса, запаха), отравлении воды токсическими веществами, образовании поверхностной пленки и осадка на дне водоема, понижающей содержание кислорода.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

5.5.3 Защита литосферы.

Строительство трубопроводов в северных районах оказывает влияние на литосферу. Проходка траншей локально изменяет режим питания растительного покрова влагой, нарушает теплофизическое равновесие, растепляет многолетнемерзлые грунты, приводит к гибели чувствительный к механическому и другому воздействиям растительный покров малоземельной тундры. При растеплении, происходит процесс эрозии. Эрозия наносит ущерб окружающей среде втрое: разрушает естественные или созданные в сооружениях геометрические формы, следствием чего обычно становится утрата устойчивости и эстетические дефекты; перемещает грунтовые частицы во взвешенном состоянии в водных потоках, создавая отложения частиц в местах сноса вследствие смыва грунта с обочин, образование промоин, загрязняя земли, ухудшая плодородие почвы. Эрозии сильно подвергаются мелкозернистые пылеватые пески, пылеватые суглинки, глины лессы, лессовидные суглинки. Для предотвращения воздействия на литосферу, используют технологические решения:

- Использование тепловой изоляции;
- Применение конструктивных решений свайных опор;
- Применение сезонных охлаждающих устройств;
- Сезонную откачку воды и подсыпку, растеплённого грунта.

5.5.4 Отходы производства.

Обращение с отходами производства и потребления связано со значительными рисками причинения вреда окружающей среде. В процессе нанесения изоляции вред окружающей среде может быть нанесен остатками изоляционного материала и крепежа.

Отходы производства подлежат сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению,

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

условия и способы которых должны быть безопасными для здоровья населения и среды обитания и которые должны осуществляться в соответствии с санитарными правилами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации. Отходы в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду подразделяются в соответствии с критериями, установленными федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим государственное регулирование в области охраны окружающей среды, на пять классов опасности: I класс - чрезвычайно опасные отходы; II класс - высокоопасные отходы; III класс - умеренно опасные отходы; IV класс - малоопасные отходы; V класс - практически неопасные отходы

5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для всех работающих на Крайнем Севере должны быть созданы условия, обеспечивающие нормальную жизнедеятельность организма и нормальные условия труда и отдыха. Лица, принимаемые для работы в районах Крайнего Севера или в районах к ним приравненных, подлежат предварительному медицинскому осмотру для установления их пригодности к работе в указанных условиях. Работающие на открытом воздухе должны быть обеспечены в зимнее время спецодеждой и спецобувью с повышенным суммарным тепловым сопротивлением, а также защитными масками для лица. При работах, связанных с ограниченностью движения, следует применять спецодежду и спецобувь со специальными видами обогрева. В летнее время года работающие на открытом воздухе должны быть обеспечены за счет предприятия СИЗ от гнуса и энцефалитного клеща. При эквивалентной температуре наружного воздуха ниже $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ работающим на открытом воздухе ежечасно должен быть обеспечен обогрев в помещении, где необходимо поддерживать температуру около $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Пункты обогрева должны быть оборудованы и эксплуатироваться по соответствующей

					Социальная ответственность	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

инструкции. Для облегчения ориентирования и перемещения людей в условиях сильной пурги или тумана по территории и в производственной зоне должны быть протянуты и закреплены направляющие канаты, если эти территории не имеют сплошного ограждения. Запрещается в зимнее время, независимо от состояния погоды, уход людей за пределы жилой или производственной зоны без письменного разрешения руководителя, при этом выход может быть разрешен группе в составе не менее двух человек. При выходе группы диспетчером или другим должностным лицом должны быть зарегистрированы маршрут ее движения, ожидаемое время ее возвращения или прихода на контрольные пункты, где имеется связь с базой. В случае отсутствия группы в обусловленное время на контрольных пунктах должны принимать меры к розыску группы и оказанию ей помощи. Работники объектов, расположенных в районе Крайнего Севера, должны быть обучены ориентированию на местности по компасу, солнцу, звездам и местным предметам, знать величину магнитного склонения в районе работ, уметь его учитывать при движении по компасу, который следует носить с собой при удалении от места жилья или работы. Для звуковой ориентации во время пурги и туманов при видимости менее 50 м в поселках и удаленных объектах должны быть задействованы сирены прерывистого действия или другие звуковые сигнальные приспособления. Эксплуатация транспортных средств и механизмов в районах Крайнего Севера должна осуществляться в соответствии с "Правилами техники безопасности для предприятий автомобильного транспорта". В зимнее время средства транспорта и механизмы должны выезжать как по трассе, так и по дорогам вне поселков колоннами не менее чем из двух машин, которые должны следовать друг за другом в пределах прямой видимости. При этом должна быть обеспечена возможность возвращения всех людей на одной из машин в случае выхода из строя другой машины.

					Социальная ответственность	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения выпускной квалификационной работы был проведен анализ современных теплоизоляционных материалов для магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера.

После сравнения характеристик двух материалов ППУ и ПИР был сделан предварительный вывод о преимуществе ПИР над ППУ. ПИР имеет ряд таких преимуществ как более низкий коэффициент теплопроводности, меньшее водопоглощение и более низкий класс горючести.

После расчета минимальной толщины теплоизоляции для смоделированного нефтепровода в районах Крайнего Севера, был сделан вывод о большей эффективности ПИР чем у ППУ. Так толщина теплоизоляционного слоя ПИР для смоделированного нефтепровода диаметра 530 мм на 20 % меньше, чем теплоизоляционный слой ППУ. Чтобы сравнить сокращение тепловых потерь был произведен расчет плотности теплового потока при одинаковой толщине слоя теплоизоляции из ППУ и ПИР. Плотность теплового потока при использовании ПИР на 17% меньше, чем при использовании теплоизоляции из ППУ.

Также ПИР обладает достаточным вибро- и звукопоглощением, что делает материал универсальным, и предполагает его использование не только в теплоизоляции нефтепроводов. Так возможно рассмотрение ПИР в качестве теплоизоляционного материала для компрессорных станций в районах Крайнего Севера, чтоб при более эффективной теплоизоляции так же снизить уровень вибраций, негативно сказывающийся на долговечности, и снизить уровень шума, неблагоприятно влияющий на персонал компрессорной станции.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
					Анализ современных материалов для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера			
Разраб.		Татарников В.Е.			Заключение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков В.П.					62	67
Консульт.						ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация
2. Володченкова О. Ю. Обеспечение проектного положения подземных магистральных нефтепроводов в зонах вечной мерзлоты: диссертация кандидата технических наук : 25.00.19. – М., 2007. – 148 с.
3. Механика мерзлых грунтов и принципы строительства нефтегазовых объектов в условиях Севера: Учебник под ред. Н.Н. Карнаухова — М.: Изд. ЦентрЛитНефтеГаз, 2008. — 432 с
4. Бородавкин П.П. Подземные магистральные трубопроводы (Проектирование и строительство) М.: Недра, 1982. — 384 с ГОСТ 30244-94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть
5. Мазуров Г. П. Физико-механические свойства мерзлых грунтов / Г. П. Мазуров. – Л.: Стройиздат, 1975. – 216 с
6. Суриков В. И. и др. Технические решения по теплоизоляции линейной части трубопроводной системы Заполярье – Пурпе // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2013. –№ 1. – С. 12-16.
7. ГОСТ Р 51858-2002 Нефть. Общие технические условия [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200028839> (дата обращения: 20.05.18).
8. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003 (с Изменением N 1) условия [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200091050> (дата обращения: 22.05.18).

					Анализ современных материалов для теплоизоляции магистральных нефтепроводов в районах Крайнего Севера			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Татарников В.Е.			Список литературы	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Бурков В.П.					63	67
Консульт.						ТПУ гр. 2Б4Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

9. Building Science Corporation - Guide to Insulating Sheathing [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: https://buildingscience.com/sites/default/files/migrate/pdf/GM_Guide_Insulating_Sheathing.pdf (дата обращения: 22.05.18).
10. Polyisocyanurate pipe insulation – Form Polyisocyanurate September 2014 [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://www.spico.com/pdf/Polyisocyanurate-Pipe-Insulation-Datasheet.pdf> (дата обращения: 22.05.18).
11. Коршак А.А., Шаммазов А.М. Основы нефтегазового дела. Учебник для ВУЗов. Издание второе, дополненное и исправленное: — Уфа.: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2002 - 544 с.:
12. ГОСТ Р 57385-2017 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Строительство магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. Тепловая изоляция труб и соединительных деталей трубопроводов [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200143964> (дата обращения: 22.05.18).
13. Дерцакян А. К. Строительство трубопроводов на болотах и многолетнемерзлых грунтах / А. К. Дерцакян, Н. П. Васильев. – М.: Недра, 1978. – 167 с.
14. Кривошеин Б. Л. Магистральный трубопроводный транспорт : (Физико-технический и технико-экономический анализ) / Б. Л. Кривошеин, П. И. Тугунов; Академия наук СССР (АН СССР), Институт высоких температур (ИВТ) ; под ред. В. А. Смирнова. — Москва: Наука, 1985. — 237 с.: ил.
15. Расчет теплогидравлических потерь по длине неизотермического магистрального нефтепровода и в лабораторном стенде, моделирующем реальный трубопровод, Некучаев В. О., Кырнышева П. А., Костерин К. С., Чупров И.Ф. Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2014. №6

					Список литературы	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 28.ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
- 29.Приказ Минздравсоцразвития России от 01.06.2009 N 290н (ред. от 12.01.2015) "Об утверждении Межотраслевых правил обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты"
- 30.«Классификации вредных и опасных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003-74 (с измен. № 1, октябрь 1978 г., переиздание 1999 г.)» табл. 2, прил. 1.

					<i>Список литературы</i>	<i>Лист</i>
						66
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		