

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 21.04.01 «Нефтегазовое дело»  
 Профиль «Машины и оборудование нефтегазовых промыслов»  
 Отделение школы (НОЦ) нефтегазовое дело

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Анализ прочности сварного соединения трубопровода с CPS-втулкой при взаимодействии с внутритрубным оборудованием</b>

УДК 621.643.411.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ05	Малуша Илья Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Манабаев К.К.	к.ф.-м.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Павлов М.С.			

### 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.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Манабаев К.К.	к.ф.-м.н.		

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК-1	Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в нефтегазовой области
ОПК-2	Способен осуществлять проектирование объектов нефтегазового производства
ОПК-3	Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии
ОПК-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
ОПК-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в нефтегазовой отрасли и смежных областях
ОПК-6	Способен участвовать в реализации основных и дополнительных профессиональных образовательных программ, используя специальные научные и профессиональные знания
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность оценивать эффективность инновационных решений и анализировать возможные технологические риски их реализации.
ПК(У) -2	Способность анализировать и обобщать данные о работе технологического оборудования, осуществлять контроль и техническое сопровождение.
ПК(У)-3	Способность обеспечивать безопасную и эффективную эксплуатацию и работу технологического оборудования нефтегазовой отрасли.
ПК(У)-4	Знание современных САД-САЕ-систем, их функциональные возможности для проектирования геометрических моделей изделий высокой сложности.
ПК(У)-5	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)-6	Способность к разработке учебно-методических материалов для первичной и периодической подготовки и аттестации специалистов в области обеспечения работы технологического оборудования
ПК(У)-7	Способность реализовывать программы профессионального обучения: планировать и проводить учебные занятия, оценивать достижение планируемых результатов для первичной и периодической подготовки и аттестации специалистов в области обеспечения работы технологического оборудования

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

Школа: Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность): 21.04.01 Нефтегазовое дело  
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)     (Дата)     (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ05	Малуша Илья Владимирович

Тема работы:

Анализ прочности сварного соединения трубопровода с CPS-втулкой при взаимодействии с внутритрубным оборудованием
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 126-16/с от 06.05.2022
---	--------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	23.06.2022
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объектом исследования в данной диссертации является узел сварного соединения трубопровода с применением CPS-втулки
---------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<p>1. Построить твердотельную модель узла сварного соединения магистрального трубопровода с втулкой CPS в ANSYSWorkbench;</p> <p>2. Выполнить конечно-элементное моделирование процесса соударения очистного поршня с CPS-втулкой, установленной в сварном узле магистрального трубопровода.</p> <p>3. Определить критические параметры элементов конструкции;</p> <p>4. Определить расчетным путем минимальные необходимые значения характеристик прочности и жесткости термоактивного полимера.</p>
<b>Перечень графического материала</b>	Рисунки, схемы, таблицы

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
«Литературный обзор»	Павлов М.С., старший преподаватель
«Объект исследования»	Павлов М.С., старший преподаватель
«Расчетная часть»	Павлов М.С., старший преподаватель
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Шарф И.В., профессор ОНД, д.э.н
«Социальная ответственность»	Сечин А.А., доцент ООД, к.т.н
Часть на иностранном языке	Матвеев И.А., профессор ОИЯ, д.ф.н

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

Литературный обзор
Расчетная часть

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель / консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Манабаев К.К.	к.ф.-м.н.		
Старший преподаватель	Павлов М.С.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ05	Малуша Илья Владимирович		

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

Школа: Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность): 21.04.01 Нефтегазовое дело  
 Уровень образования: Магистратура  
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела  
 Период выполнения: \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2021 /2022 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
--------------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	23.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
16.02.2022	Проведение анализа нормативной и научно-технической литературы	25
15.03.2022	Введение	10
25.04.2022	Построение модели	25
30.05.2022	Расчет и проведение исследования	25
05.06.2022	Устранение недочетов	15

#### СОСТАВИЛ:

##### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Манабаев К.К.	к.ф-м.н.		

##### Консультант

Старший преподаватель	Павлов М.С.			
-----------------------	-------------	--	--	--

#### СОГЛАСОВАНО:

##### Руководитель ООП

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Манабаев К.К.	к.ф-м.н.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2БМ05	Малуша Илья Владимирович

<b>Инженерная школа</b>	Инженерная школа природных ресурсов	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Отделение нефтегазового дела
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов проведения анализа прочности сварного соединения трубопровода с CPS-втулкой при взаимодействии с внутритрубным оборудованием
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Единые нормы времени и расценки на техническое диагностирование оборудования, сооружений и трубопроводов Методика определения стоимости проведения экспертизы промышленной безопасности зданий, сооружений и технических устройств
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Налоговый кодекс Российской Федерации ФЗ №67 от 24.07.2009 в ред. от 28.05.2022

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1. Обоснование внедрения данной технологии с экономической точки зрения</i>	Проведение анализа прочности элементов сварного соединения при ударном воздействии при прохождении через втулку внутритрубного диагностического оборудования
<i>2. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Расчет и сравнительный анализ двух способов подсчета стоимости работ по оценке технического состояния узласварного соединения с учетом инновационных решений

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор ОНД	Шарф И.В.	д.э.н, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2БМ05	Малуша Илья Владимирович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ05	Малуша Илья Владимирович

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

<b>Анализ прочности сварного соединения трубопровода с CPS-втулкой при взаимодействии с внутритрубным оборудованием</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования	Объект исследования: CPS втулка, промышленные трубопроводы, узлы сварных соединений Область применения: перекачка нефтепродуктов.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Специальные правовые нормы трудового законодательства:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ТК РФ: глава 50 «Особенности регулирования труда лиц, работающих в районах крайнего севера и приравненных к ним местностям»</li> <li>2. ТК РФ: глава 47 «Особенности регулирования труда лиц, работающих вахтовым методом»</li> </ol> <p>Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. СП 366.1325800.2017 Промышленные трубопроводы</li> <li>2. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»</li> <li>3. ГОСТ 12.1.038-81 ССБТ «Электробезопасность»</li> </ol>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p><u>Анализ выявленных вредных факторов:</u> <u>климатические условия:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Климатические условия;</li> <li>2. Повышенный уровень шума;</li> <li>3. Повышенный уровень вибрации.</li> </ol> <p><u>Анализ выявленных опасных факторов:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Механические опасности;</li> <li>2. Поражение электрическим током;</li> </ol>

	3. Взрывоопасность и пожароопасность.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Атмосфера: постоянные и залповые выбросы загрязняющих веществ. Гидросфера: загрязнение поверхностных вод. Литосфера: деградация почв.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: <ul style="list-style-type: none"> <li>• аварии в результате разгерметизации оборудования, нефтесборных трубопроводов, выкидных линий;</li> <li>• аварии в результате выхода из строя автоматизированного оборудования, в связи с повреждением кабеля линии электропередач;</li> <li>• аварии в результате ошибки персонала.</li> </ul> Наиболее типичная ЧС техногенного характера на объекте - розлив нефтепродуктов.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**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
2БМ05	Малуша Илья Владимирович		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 89 страниц, 17 рисунков, 4 таблиц, 36 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: CPS-втулка, термоактивный материал, очистной поршень, метод конечных элементов. Объектом исследования является узел сварного соединения с CPS-втулкой в трубопроводе.

Цель работы – повышение проектирования качества узлов сварных соединений с использованием CPS-втулок путем определения требований к механическим свойствам термоактивного материала.

Для достижения поставленной цели рассмотрены следующие задачи:

1. Построить твердотельную модель узла сварного соединения магистрального трубопровода с втулкой CPS в ANSYSWorkbench.
2. Выполнить конечно-элементное моделирование процесса соударения очистного поршня с CPS-втулкой, установленной в сварном узле магистрального трубопровода.
3. Определить критические параметры элементов конструкции.
4. Определить расчетным путем минимальные необходимые значения характеристик прочности и жесткости термоактивного полимера.

Область применения - нефтегазовая промышленность

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативно-техническая документация**

Обозначения и сокращения:

**АКП** – антикоррозионное покрытие.

**МКЭ** – метод конечных элементов.

**ПК** – программный комплекс.

**ВИК** – визуально измерительный контроль.

**СНиП** – строительные нормы и правила.

**СЛАУ** – система линейный алгебраических уравнений.

**СОД** – средства очистки и диагностики.

**ЧС** – чрезвычайная ситуация.

**ОП** – очистной поршень.

**ПЛА** – план ликвидации аварии.

**ОПИ** – опытно-промышленные испытания.

**РД** – руководящий документ.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум.

Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Вибрационная безопасность.

ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность».

ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

МР 2.2.7.2129-06 «Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях».

ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация».

## Оглавление

1. СВАРНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ТРУБОПРОВОДА С CPS-ВТУЛКОЙ .....	16
1.1. Втулка защиты сварного шва типа CPS.....	16
1.2. Внутритрубное оборудование.....	22
2. МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ANSYSWORKBENCH .....	27
3. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	29
4. КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	31
4.1. Построение геометрической модели сварного узла .....	31
4.2. Построение конечно-элементной модели сварного узла.....	32
4.3. Результаты расчета сварного узла.....	33
4.4. Анализ результатов .....	35
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	38
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	38
5.2 Планирование работ.....	39
5.3 Бюджет научно-технического исследования .....	42
5.4 Страховые взносы в государственные внебюджетные фонды.....	45
5.5. Накладные расходы.....	45
5.6.1 Расчет расхода сварочных материалов и времени сварки .....	46
5.6.2 Расчет количества необходимой техники и оборудования .....	47
5.6.3 Затраты на материалы.....	47
5.6.4 Расчет затрат на оплату труда.....	48
5.6.5 Затраты на проведение мероприятия .....	49
5.7 Расчет работ для определения продольной устойчивости втулки.....	49
5.7.1 Первый способ расчета стоимости проведения экспертизы сварного соединения трубопровода .....	49
5.7.2 Второй способ расчета стоимости работ при техническом диагностировании сварного соединения трубопровода .....	50
5.8 Формирование бюджета затрат проекта .....	54
6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	56

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	57
6.2. Производственная безопасность.....	61
6.3. Экологическая безопасность.....	67
6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	71
Список литературы .....	72
Приложение А .....	76

## ВВЕДЕНИЕ

Применение сварки при монтаже стальных трубопроводов с защитным покрытием под действием высоких сварочных температур ведет к разрушению и выгоранию защитного покрытия. Таким образом, положительный эффект от применения таких труб значительно снижается из-за того, что сварной стык остается без защиты. Наибольшее распространение для защиты сварных швов трубопроводов с внутренним антикоррозионным покрытием получил метод установки защитных втулок, что объясняется простотой монтажа данных устройств и высокой надежностью защиты. Втулка применяется при соединении трубопроводов с внутренним антикоррозионным покрытием в системах нефтепроводов.

Установку втулки защиты сварного шва начали применять в нашей стране сравнительно недавно, и данный способ внутренней защиты сварного соединения труб уверенно себя оправдал и сформировал устойчивую тенденцию к расширению применения втулки защиты сварного шва как один из лучших способов защиты.

Определение механической отказоустойчивости втулок при прохождении через них различных средств очистки и диагностики (СОД) является одним из главных вопросов, который не обошел стороной специалистов подразделений, еще с момента использования втулок внутренней защиты сварного шва на трубопроводах с антикоррозионным покрытием. На практике эксплуатанты эмпирическим путем определяют возможность применения СОД на трубопроводах с установленными втулками защиты сварного шва. Производители СОД на данный момент отстранились от данного вопроса, и производителям втулок приходится на свой страх и риск давать рекомендации, основываясь на обратной связи и отзывах потребителей продукции, что приводит порой к таким эксцессам, как, например, срыв снарядом установленных втулок или, наоборот, остановка снаряда на втулке. Чтобы обозначить критерии выбора и применения того или иного СОД,

достаточно определить усилие, которое оказывает снаряд на установленную в трубопроводе втулку, и сравнить его с усилием срыва втулки, иными словами - с ее продольной устойчивостью. Определение механических параметров втулки обычно не представляет сложности и реализуется на любом гидравлическом прессе с контролем усилия. Для решения задачи остается определить усилие воздействия на втулку проходящего через нее снаряда. Полученные данные позволят рекомендовать использование для трубопроводов с покрытием и установленными втулками марки CPS манжетных и поролоновых очистных устройств. Для формирования рекомендаций о применимости СОД других конструкций требуется проведение отдельных испытаний.

Из практики эксплуатации, а также и статистики отказов известно, что как правило, отказы возникают на втулках, некоторую наработку. В связи с этим рассматривается гипотеза о том, что механические свойства полимера, находящегося на поверхности втулки, в процессе эксплуатации деградирует.

В связи с изложенным, целью работы является повышение проектирования качества узлов сварных соединений с использованием CPS-втулок путем определения требований к механическим свойствам термоактивного материала

Для достижения поставленной цели в работе поставлены и решены следующие задачи:

- Построить твердотельную модель узла сварного соединения магистрального трубопровода с втулкой CPS в ANSYSWorkbench;
- Выполнить конечно-элементное моделирование процесса соударения очистного поршня с CPS-втулкой, установленной в сварном узле магистрального трубопровода;
- Определить критические параметры элементов конструкции;
- Определить расчетным путем минимальные необходимые значения характеристик прочности и жесткости термоактивного полимера.

# 1.СВАРНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ТРУБОПРОВОДА С CPS-ВТУЛКОЙ

## 1.1. Втулка защиты сварного шва типа CPS

Назначением втулок защиты сварного шва CPS является защита сварного шва трубопровода от коррозии. Их применяют на трубопроводах с внутренним антикоррозионным покрытием (АКП), в которых транспортируют: нефтепродукты, стабильный конденсат, не осушенный попутный нефтяной газ, сточные промышленные воды с содержанием сероводорода.

На втулке-CPS нанесен по периметру в зоне термического воздействия специальный термоактивный материал. Этот материал под воздействием высокой температуры сварочной дуги вспенивается и перекрывает неизолированные концы труб с полимерным покрытием от воздействия перекачиваемой среды. Термоактивный материал имеет продолжительный срок хранения перед использованием, его работа не зависит от температуры окружающей среды.

За счет специальной форма устройства формируется плотное заполнение межтрубного пространства (между телом устройства и трубой), создается препятствие механическому разрушению заполнителя под воздействием перекачиваемой среды, а также средств дополнительной очистки или диагностики.

Преимущества втулки CPS:

Скорость и простота монтажа;

Незначительное сужение проходного сечения;

Хорошая продольная и поперечная устойчивость;

Не требуется калибровка концов труб;

Малый вес;

Длительный срок гарантийного хранения до 5 лет;

Отсутствие эпоксидной мастики;



Отсутствие ограничения монтажных работ при отрицательных температурах.

На рисунке 1 показан общий вид CPS-втулки



Рисунок 1 – CPS-втулка

Действие втулки CPS основано на свойствах специального термоактивного материала, который расширяется при сварке и препятствует проникновению агрессивной среды в зону сварного шва за счет заполнения пространства между втулкой и трубой. После отработки технологии в лабораторных условиях и проведения серии стендовых испытаний в 2012 году втулки из термоактивного материала поступили в серийное производство. Начиная с 2013 года ОПИ оборудования проводятся на объектах крупнейших

нефтяных компаний России, включая ПАО «Газпром нефть», ПАО «ЛУКОЙЛ» и др.

Технология представляет собой сваренную из тонкого листа стали металлическую втулку с порошковым антикоррозионным покрытием, теплоизоляцией в зоне сварного шва и упорами. В отличие от других видов подобного оборудования втулка CPS обладает одной уникальной особенностью – ее конструкция включает специальный термоактивный материал, который расширяется при сварке и заполняет пространство между втулкой и трубой, тем самым препятствуя проникновению агрессивной среды в зону сварного шва. К другим преимуществам технологии следует отнести малый вес оборудования, незначительное сужение проходного сечения, отсутствие ограничений на применение при высоких давлениях в трубопроводе, длительный срок гарантийного хранения, отсутствие эпоксидной мастики и ограничений на выполнение монтажных работ при отрицательных температурах.

Опытно-промышленные испытания втулок марки CPSB ФИЛИАЛЕ «ГАЗПРОМНЕФТЬ-МУРАВЛЕНКО» начались в октябре 2013 года на полигоне Сугмутского месторождения (филиал «Газпромнефть-Муравленко»). Специально для проведения испытаний мы изготовили фланцы с приварными катушками и внутренним антикоррозионным покрытием. Непосредственно на технологической площадке фланцы были сварены друг с другом с установкой в зоне сварного шва втулки CPS-219x6. Получившиеся катушки были размещены на нефтепроводе. Впоследствии в октябре 2014 года они были демонтированы, осмотрены, а образцы сварных швов с установленной втулкой по требованию заказчика отправлены на исследование в «Самарский ИТЦ» для проведения комплексной оценки протекторных свойств втулки. В лабораторных условиях были сделаны контрольные шлифы, определено максимальное коррозионное разрушение, составившее от 20 до 100 мкм, и основные его источники – преимущественно оксиды и сульфиды на сварном шве и околошовной зоне. Следует отметить, что 100 мкм – это локальная толщина продуктов коррозии, в среднем же она составляет порядка 50 мкм. Оборудование испытывалось в

среде с повышенной агрессивностью (высокая степень обводненности – около 70%, наличие углекислоты и сероводорода), что следует из анализа продуктов коррозии. Скорость коррозии труб без антикоррозионной защиты достигала 1 мм/год. Таким образом, использование втулок позволило в десять раз замедлить скорость коррозии при ее максимальной величине (100 мкм) и в 20 раз – при основной (50 мкм). Результаты ОПИ признаны успешными, а сама втулка рекомендована к использованию на промысловых нефтепроводах ОАО «Газпром нефть».

В апреле 2014 года стартовали ОПИ CPS оборудования на объектах ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь». Из ключевых особенностей данных ОПИ можно отметить следующие: высокое давление в выкидной линии (до 163 бар), высокие скорости потока (по расчетам до 7 м/с) и использование переходных втулок CPS-114×12/10. Последнее нельзя назвать принятой практикой, но периодически такая необходимость возникает, поэтому нам очень важно было посмотреть на результаты эксплуатации именно переходных втулок. Непосредственно на площадке насосной станции была собрана технологическая обвязка агрегата с установкой в зоне сварных швов втулок CPS-114x10, CPS-114x12 и переходных CPS-114x12/10. В апреле 2015 года один отвод был демонтирован, и два образца сварных швов с установленной втулкой были отправлены на исследование в «НПЦ Самара» для выполнения комплексной оценки протекторных свойств втулки. После визуального осмотра в лаборатории, в ходе которого удалось подтвердить целостность втулки, ее покрытия и термоактивного материала были сделаны контрольные шлифы из зоны сварного шва. При исследовании шлифов продукты коррозии от перекачиваемой среды обнаружены не были за исключением малых локальных участков оксидов, которые, видимо, образовались при сварке. В итоге компания-заказчик признала результаты ОПИ втулок CPS в системе ППД успешными.

В рамках заключенного договора о научно-техническом сотрудничестве с филиалом ООО «ЛУКОЙЛИнжиниринг» «ПечорНИПИнефть» в г. Ухте в

декабре 2013 года ОПИ втулок CPS были проведены на полигоне Баяндынского месторождения, разрабатываемого ООО «ЛУКОЙЛ-Коми». Координатором ОПИ стал проектный институт «ПечорНИПИнефть». Были предоставлены катушки с установленными втулками CPS-159x8, которые были смонтированы на стенде и демонтированы в январе 2015 года, после чего также отправлены для исследования в «НПЦ Самара». В результате визуального осмотра была подтверждена целостность втулки, покрытия и термоактивного материала. Далее по уже отработанной схеме были сделаны контрольные шлифы для детального исследования на предмет коррозии. Следов сплошной коррозии обнаружено не было – только локальные следы сульфидов. Максимальная величина коррозии на данных локальных участках составила около 30 мкм, что соответствует скорости коррозии примерно 0,04 мм/год. Это, в частности, свидетельствует о высоких барьерных свойствах втулок марки CPS в высокоагрессивной среде. Согласно представленным заказчиком данным, содержание сероводорода в транспортируемой среде достигало 3500 ppm, а скорость внутренней коррозии составила 0,7 мм/год. На основании результатов ОПИ было получено положительное заключение о защитных свойствах втулок CPS.

Проведенные ОПИ втулок CPS позволили сделать несколько выводов. Так, во-первых, даже при попадании в зону сварного шва агрессивной среды коррозионные процессы не развиваются вследствие отсутствия постоянного притока агрессивных компонентов перекачиваемой среды.

Во-вторых, высокое давление в трубопроводе не оказывает влияния на работоспособность втулки CPS. В том числе это означает, что втулки предлагаемой конструкции могут применяться в системах поддержания пластового давления.

В свою очередь, возможное неравномерное расширение термоактивного материала, которое было отмечено некоторыми нашими заказчиками, как и предполагалось ранее, не влияет на работоспособность втулки CPS.

Еще один важный вывод: под воздействием нефтегазоводяной эмульсии термоактивный материал не растворяется, не разрушается и сохраняет адгезию к металлу трубы и втулки даже при наличии больших зазоров между втулкой и трубой.

И, наконец, результаты ОПИ также подтвердили, что применение втулок марки CPS позволяет значительно замедлить или предотвратить развитие коррозионных процессов в зоне сварного шва, обеспечивая ее защиту до 20 лет эксплуатации трубопровода.

Поверхностный анализ рынка устройств и способов защиты внутреннего сварного шва показывает, что подавляющее лидерство на рынке занимает технология защиты шва с помощью втулок различной конструкции. Альтернативные способы представлены недостаточно, наиболее распространенными из них стали металлизация стыков, подклейка специальных манжет на стык изнутри и нанесение АКП на зону сварного стыка с помощью автоматических или полуавтоматических систем.

Вместе с тем массовое применение данных методов сдерживается целым рядом факторов. В случае металлизации это недостаточная надежность и отсутствие статистики испытаний метода. У метода нанесения внутреннего банджа отсутствует опыт практического применения в виду высокой сложности данной технологии. Развитию технологий по нанесению АКП на зону сварного стыка изнутри, также не уделяется серьезного внимания ни нефтегазодобытчиками, ни венчурными инвесторами, ни учеными и производителями.

Исходя из этого, можно предположить, что в ближайшие годы альтернативы втулочной защите, рассчитанной на массовое внедрение, не предвидится. Это подтверждает и наблюдаемый в этом году бурный рост разработок втулок различных конструкций, зачастую весьма экзотических (например, раздвижные втулки с резиновым уплотнением или втулки с закачкой эпоксидной смолы в межтрубное пространство) или основанных на методах, отвергнутых ученым сообществом еще во времена СССР (например, с

использованием нержавеющей стали в зоне сварного шва). На рисунке 2 показана схема монтажа CPS-штулки.

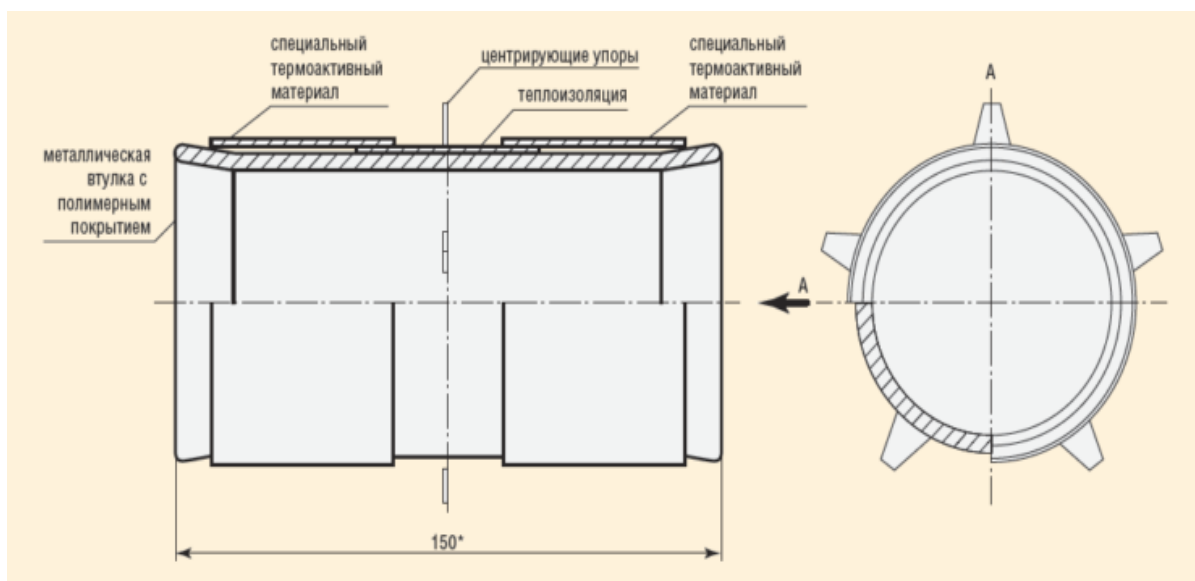


Рисунок 2 – Схема узла сварного соединения с CPS-штулкой

## 1.2. Внутритрубное оборудование

Как известно, трубопроводы относятся к категории сложных инженерных систем. Поэтому, долгий срок службы обеспечивается лишь при соблюдении правил их эксплуатации. Различные отложения, износ материалов, ржавчина, вызывающая коррозию металла — вот те факторы, которые негативно влияют на пропускную способность различных трубопроводов, начиная от магистральных и заканчивая ливневыми канализационными. Поэтому, их очистку необходимо выполнять в порядке профилактики, не дожидаясь возникновения проблем из-за засоров. Причём, по понятным причинам весь комплекс мероприятий должен проводиться до наступления зимних холодов.

Очистные поршни (ОП) применяют при продувке трубопроводов. Они предназначены для удаления из внутренней полости трубопровода

посторонних предметов и зачистки его внутренней поверхности. Очистные поршни движутся по очищаемому газопроводу за счёт энергии сжатого воздуха или природного газа, при скорости перемещения в пределах 30-70 км/ч

#### Поролоновые поршни

Поролоновый поршень представляет собой плотный пенополиуретановый (поролоновый) литой цилиндр (рисунок 3).



Рисунок 3 – Поролоновый очистной поршень

Поролоновый поршень для прочистки труб используется для вытеснения воды, нефти, нефтепродуктов, конденсата и различного мусора из металлических трубопроводов так и полиэтиленовых труб во всех климатических зонах от -400С до +600С. Поршень поролоновый ППЛ применяется в нефтегазовой строительной отрасли, в коммунальном хозяйстве и в местах, где необходимо прочистить трубу.

#### Назначение:

очистка полости трубопровода от мягких отложений, удаление конденсата и воды;

очистка трубопроводов с различным проходным внутренним сечением;

проверка проходимости трубопровода;

проведение работ по заполнению водой для гидроиспытания строящегося участка трубопровода;

проведение работ по промывке и консервации строящихся и эксплуатируемых магистральных, промысловых трубопроводов;

предварительное и окончательное удаление жидкости, в т.ч. вытеснение нефти и нефтепродуктов из трубопроводов, осушка трубопроводов многократным пропуском поршней;

проведение работ по приемке нефти совместно с полиуретановыми поршнями;

разделение разносортных нефтепродуктов при перекачке их последовательно по трубопроводу.

Преимущества:

- не имеют сквозных проколов тела поршня и тросов (капроновых шнуров), стягивающих диски из транспортной ленты, которые приводят к быстрому разрушению поршня в трубопроводе;
- отлично подходят для заключительного этапа осушки трубопровода, как правило, после пропуска манжетных поршней;
- поролоновые поршни имеют различную, большую плотность это увеличивает пробег поршня и качество очистки трубопровода;
- поршни поролоновые малой плотности (40 кг/м<sup>3</sup>) позволяют провести очистные работы трубопровода более качественно меньшим количеством пропуска поршней;
- высокая износостойкость за счет нанесения полиуретановой спирали.

Поршень полиуретановый

Поршень полиуретановый, представляет собой плотный полиуретановый (поролоновый) литой цилиндр.

Поршень полиуретановый литой в отличии от поролонового поршня покрыт целиком полиуретаном плотностью 70 кг/м<sup>3</sup> (рисунок 4) для прочистки труб используется на все типы трубопроводов (стальных, полиэтиленовых, чугунных и.т.д), для вытеснения воды, нефти, нефтепродуктов, конденсата и различного мусора во всех климатических зонах от -400С до +600С. Поршень полиуретановый литой применяется в нефтегазовой



строительной отрасли, в коммунальном хозяйстве и в местах, где необходимо прочистить трубопровод.



Рисунок 4 – Полиуритановый очистной поршень

Назначение:

- очистка полости трубопровода от строительного мусора, мягких (в т.ч. нефтяных) и частично твердых отложений, удаление конденсата;
- проведение работ по продувке, промывке или консервации строящихся и эксплуатируемых магистральных, промысловых трубопроводов, имеющих запорную арматуру с равнопроходным внутренним сечением;
- проведение работ по заполнению водой для гидроиспытания строящегося участка трубопровода в т.ч. при сложном профиле;
- вытеснение воды после гидроиспытания;
- предварительное и окончательное удаление жидкости, в т.ч. вытеснение нефти и нефтепродуктов из трубопроводов;
- разделение разноразных нефтепродуктов при перекачке их последовательно по трубопроводу.

Преимущества: в качестве чистящих элементов используется полиуретан, превосходящий другие материалы (полиэтилен высокого давления, маслбензостойкую резину) по износостойкости. Этот показатель вместе с эластичностью и твердостью позволяет поршню превосходно очищать полость трубопровода от мягких и частично твердых отложений на всем протяжении

очищаемого участка. Данный поршень обладает лучшей проходимостью, по сравнению с поршнями имеющими металлический остов. По сравнению с поролоновыми поршнями имеет более высокую степень очистки.

## 2. МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ANSYSWORKBENCH

Для расчета задач механики деформируемого твердого тела (МДТТ), температурных задач, задач механики жидкости и газа, а также расчета электромагнитных полей применяют комплекс МКЭ ANSYS. Данный комплекс также используют для расчетов связанных задач, в которых результаты расчета для одной среды (например, поля температур) могут быть использованы в качестве исходных нагрузок для расчета других сред (например, для вычисления распределения напряжений в нагретой детали). Применительно к механике деформируемого твердого тела (МДТТ) комплекс ANSYS позволяет решать следующие задачи: линейные и нелинейные статические задачи (нелинейности могут быть геометрические и физические); задачи расчета собственных форм и частот колебаний; задачи расчета вынужденных колебаний; задачи определения собственных форм потери устойчивости; задачи исследования динамических переходных процессов (в том числе ударного взаимодействия); спектральные задачи. Кроме того, комплекс ANSYS позволяет проводить оптимизацию конструкций, допускает применение суперэлементов (подконструкций), и имеет целый ряд дополнительных возможностей. К таким возможностям относятся следующие: уточненный расчет НДС в локальных зонах; построение адаптивных сеток; расчет циклически симметричных конструкций; расчет задач механики разрушения; определение характеристик выносливости; применение элементов.

Общепринятая последовательность расчета конструкции в среде комплекса МКЭ ANSYS сводится к следующим шагам:

Импорт или создание геометрической модели;

Выбор применяемых типов конечных элементов, указание данных материалов, размеров и формы поперечных сечений, а также геометрических характеристик (толщины и прочих характерных размеров оболочек и иных элементов);

Создание сетки конечных элементов;

Приложение нагрузок (в комплексе ANSYS нагрузки могут прикладываться и к объектам геометрической модели, и к объектам расчетной модели);

Указание опций проведения расчета и вывода расчетных данных;

Проведение собственно расчета;

Ознакомление с результатами.

3. Анализ прочности сварного соединения трубопровода с CPS-штулкой при взаимодействии с внутритрубным оборудованием

### 3. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования будет взят узел сварного соединения магистрального трубопровода с применением CPS-втулки для трубопровода. Основные характеристики объектов моделирования приведены в таблице.

Исходные данные:

Участок трубопровода – 325x8

Таблица 1 – Участок трубопровода

Участок трубопровода	
Диаметр,мм	325
Толщина,мм	8
Длина,мм	500
Материал	Сталь

Втулка-cps, находящаяся в зоне сварного шва, класс прочности не выше Ст35.

Таблица 2 – Втулка-CPS

Втулка-CPS	
Диаметр,мм	325
Толщина,мм	8
Длина,мм	300
Толщина монтажных упоров, мм	2
Материал	Сталь
Класс прочности	Ст35

С точки зрения простоты моделирования для моделирования выбран поролоновый поршень. В данной задаче ему присвоим материал фенольной пены (Phenolicfoam). Скорость движения поршня в узле трубопровода – 30 км/ч.

Таблица 3-Очистной поршень

Очистной поршень	
Материал	Поролон
Диаметр,мм	309
Длина,мм	500
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	39,9
Модуль Юнга, Мпа	300
Коэффициент Пуассона	0,285

Для термоактивного полимера, исходя из свойств существующих термоактивных веществ, зададим материал, который по своим параметрам приближенный к полипропиленовой пене.

Варируемые параметры: модуль упругости 6-30Мпа;

Таблица 4 – Термоактивный полимер

Термоактивный полимер	
Материал	Полипропилен
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	120
Модуль Юнга, Мпа	6-30
Коэффициент Пуассона	0,285

## 4. КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

### 4.1. Построение геометрической модели сварного узла

Построим твердотельную модель узла сварного соединения трубопровода с втулкой CPS в ANSYS Workbench

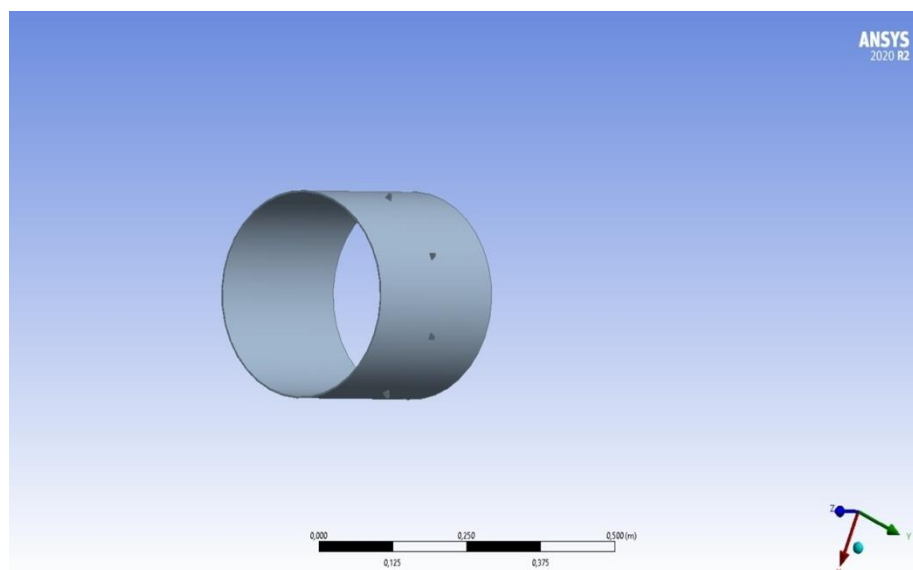


Рисунок 5– CPS-втулка

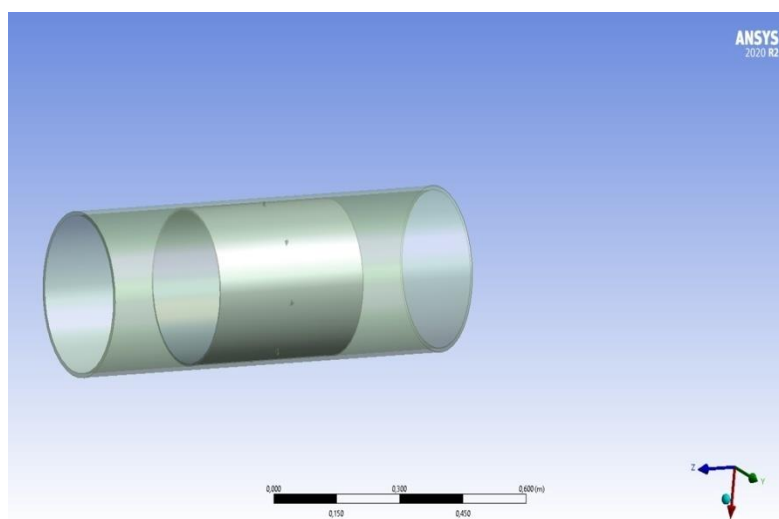


Рисунок 6 – Узел сварного соединения с CPS-втулкой

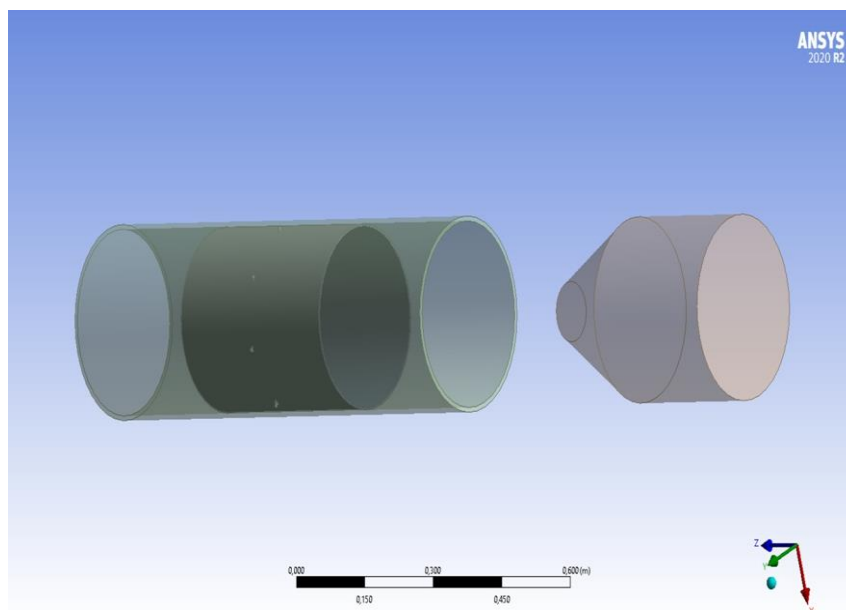


Рисунок 7 – Узел сварного соединения с CPS-втулкой и очистной поршень

#### 4.2. Построение конечно-элементной модели сварного узла

После построения геометрии РВС необходимо выбрать материалы для элементов сварного соединения и задать им параметры согласно таблице. В EngineeringData создаем необходимые параметры (рисунок 9).

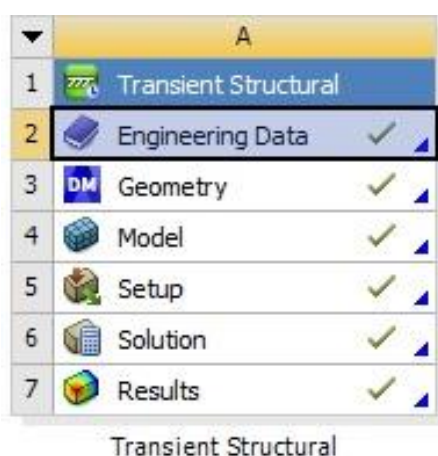


Рисунок 9 –EngineeringData

Для получения численного решения необходимо произвести разбиение геометрической модели узла сварного соединения с CPS-втулкой и очистного



поршня на сетку конечных элементов. С помощью функции “Mesh” строим сетку для наиболее точного определения напряжений, возникающий на узле сварного соединения (Рисунок10).

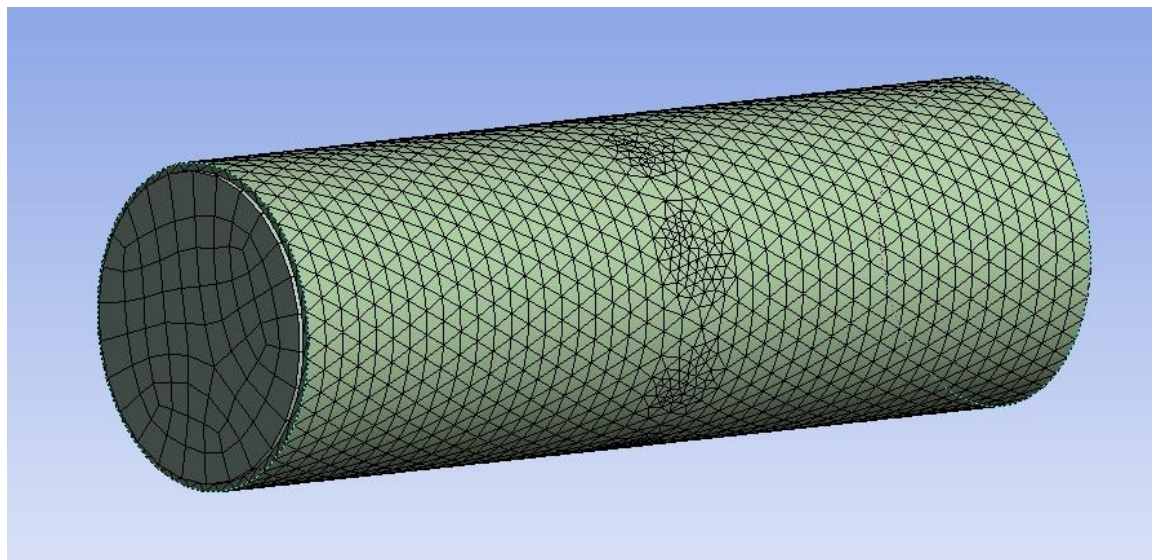


Рисунок 10 – Сгенерированная сетка

#### 4.3. Результаты расчета сварного узла

Определим критические параметры элементов конструкции

Определим расчетным путем минимальные необходимые значения характеристик прочности и жесткости термоактивного полимера.

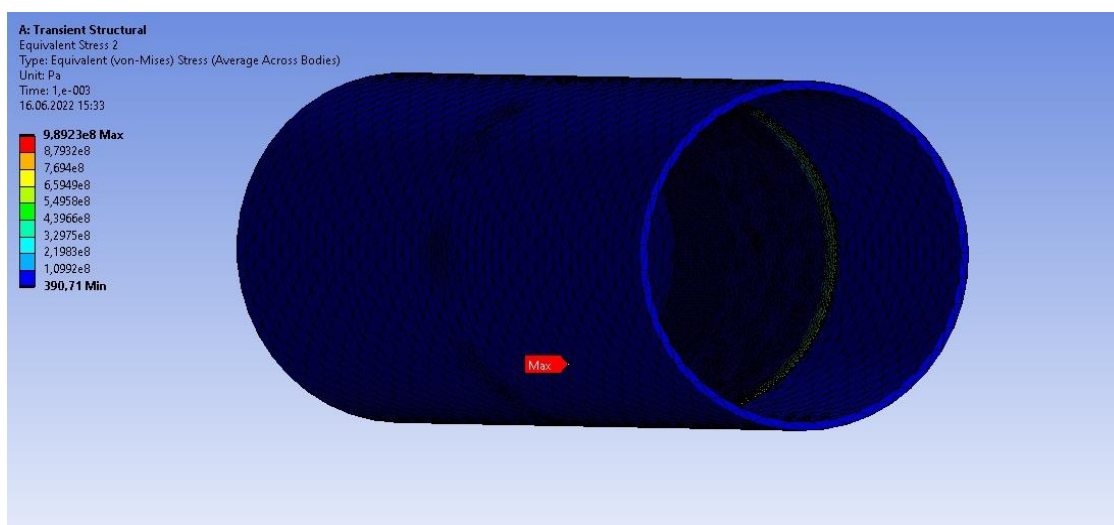


Рисунок 11 – Напряжения при соударении

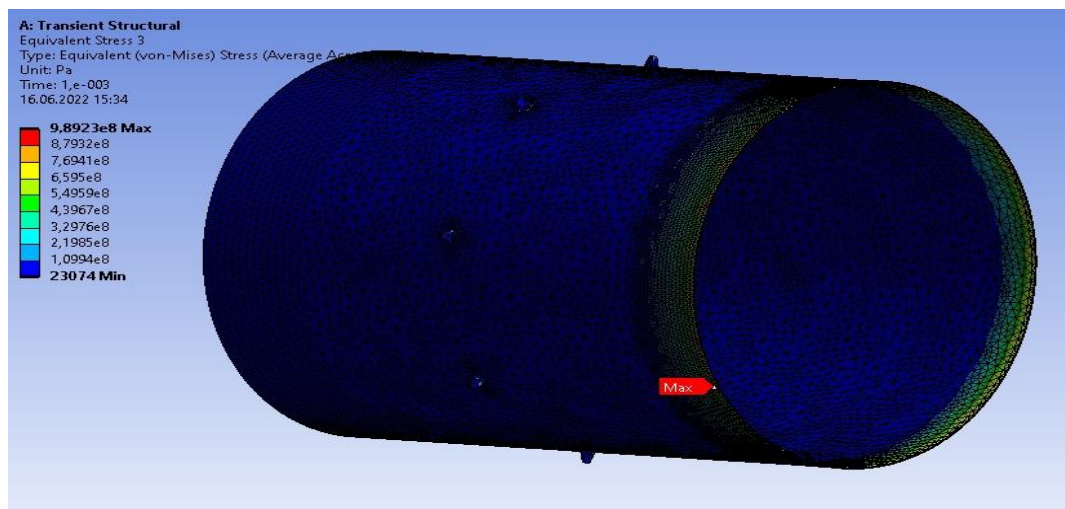


Рисунок 12 – Максимальные напряжения при соударении

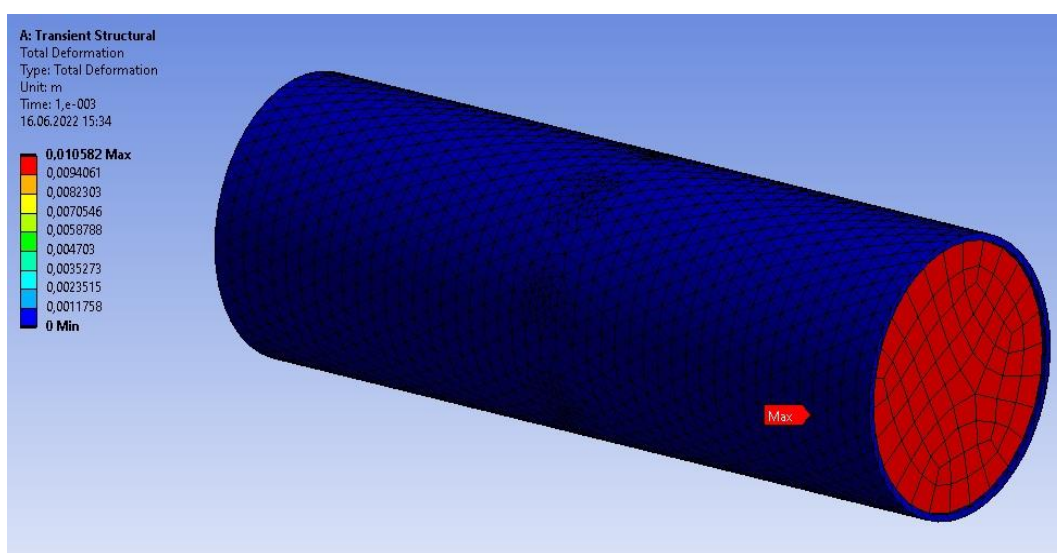


Рисунок 13 – Максимальные напряжения очистного поршня

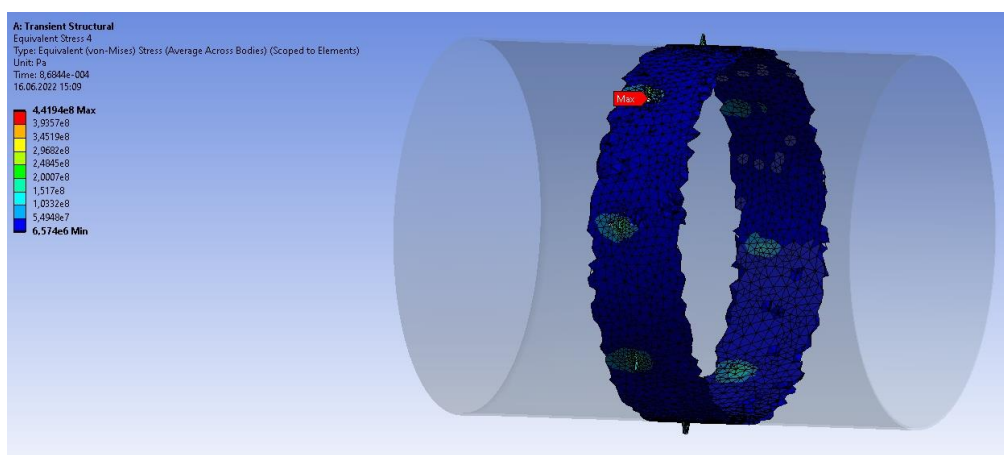


Рисунок 14 – Напряжения на монтажных упорах втулки

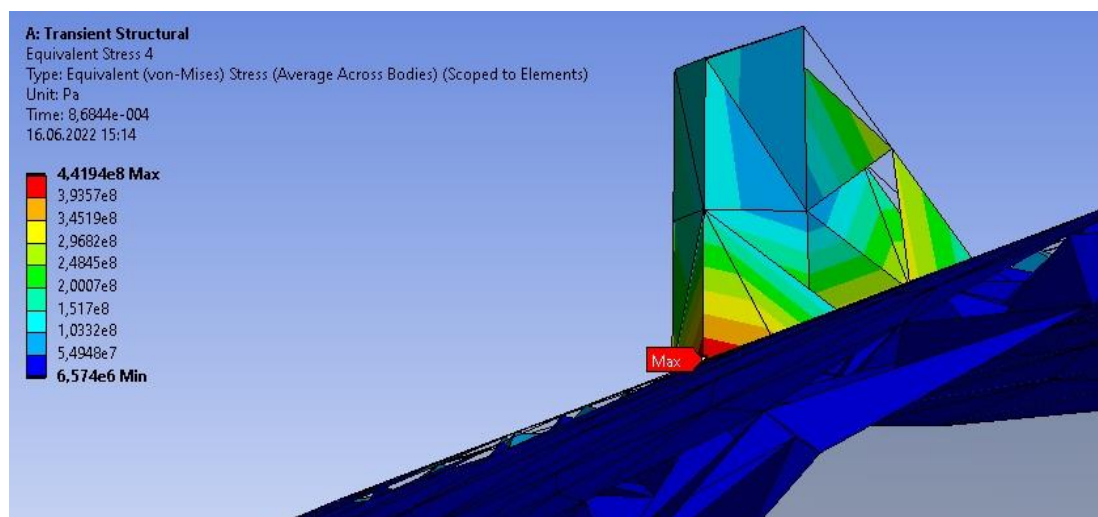


Рисунок 15– Максимальные напряжения на монтажных упорах втулки

Предел прочности материала Сталь 20 — 420 МПа, а максимальное значение напряжений на централизирующих опорах составило 441,9 МПа. Следовательно, материал начнет под действующими нагрузками становиться разрушаться.

#### 4.4. Анализ результатов

Для формулировки требований к механическим свойствам термоактивного полимера была проведена серия расчетов, в которых модуль упругости этого материала менялся в диапазоне от 2 до 40 МПа. На рисунке 16 приведена зависимость максимальных напряжений в крепежных опорах втулки (рисунок 15) от модуля упругости термоактивного материала.



Рисунок 16 – Максимальное напряжение на монтажных упорах втулки-CPS

Как видно из рисунка 16, для того, чтобы обеспечить работу стали класса прочности С35 в упругой зоне при соударении с очистным поршнем, модуль упругости термоактивного полимера должен быть не ниже 30 МПа при условии идеального контакта с материалами трубы и втулки.

На рисунке 17 показана зависимость максимальных напряжений в термоактивном материале при соударении с очистным поршнем от модуля упругости термоактивного материала.

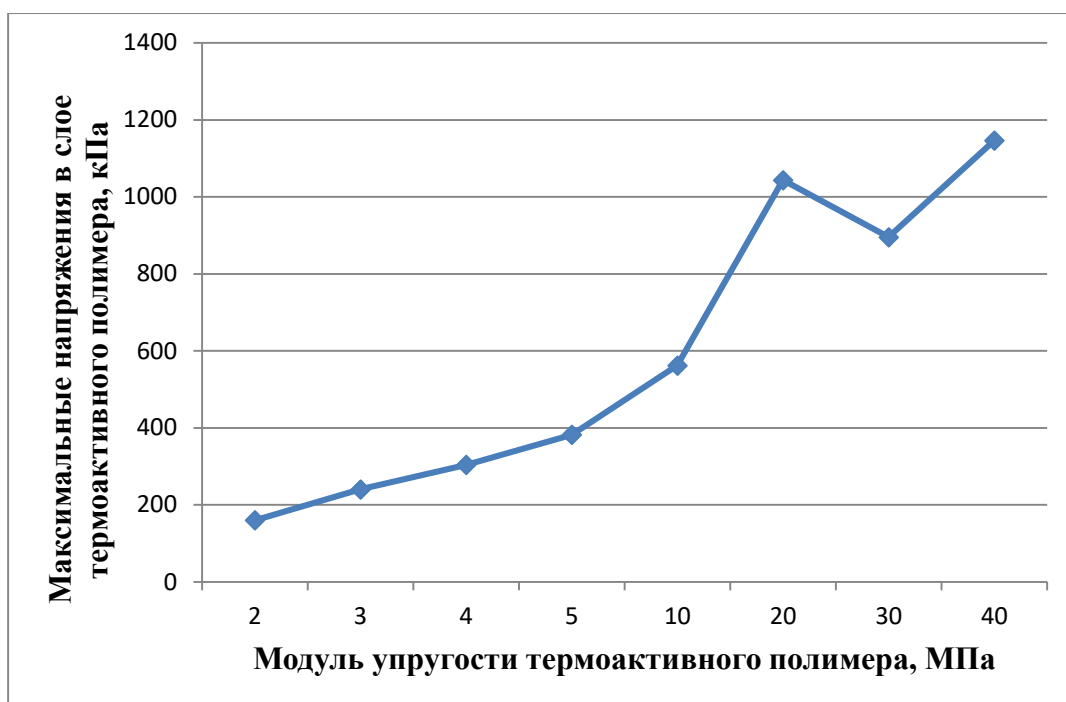


Рисунок 17 – Максимальные напряжения в слое термоактивного полимера

Как видно из рисунка 17, при модуле упругости термоактивного материала свыше 20 МПа, при соударении с внутритрубным оборудованием, в нем реализуются напряжения до 1,2 МПа. При этом, по мере увеличения жесткости материала увеличиваются и возникающие в нем напряжения. Таким образом, при разработке втулок-CPS необходимо обеспечить прочность термоактивного материала, соответствующую его жесткостным характеристикам.

## 5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### Введение

Установка втулки защиты сварного шва стал применяться в нашей стране сравнительно недавно и данный способ внутренней защиты сварного соединения труб значительно себя оправдал и принес устойчивую тенденцию в применении втулки защиты сварного шва как наиболее лучший способ защиты.

В данном разделе произведен расчет стоимости для анализа прочности элементов сварного соединения при ударном воздействии, при прохождении через втулку внутритрубного диагностического оборудования. Для выполнения анализа прочности с целью получения данных предела продольной устойчивости, исполнителем будет выступать компания, специализирующаяся на данном виде работы, стоимость услуги по диагностированию будут рассчитаны двумя методами с целью определения более экономически эффективного варианта.

### 5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт: Узел сварного шва с CPSвтулкой

Целевой рынок: нефтегазовые компании.

		Вид исследования		
		Проектирование сварного узла	Анализ работы сварного узла	Конструирование сварного узла
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Рисунок 1 - Карта сегментирования рынка услуг нефтегазовой отрасли

 - «Фирма А»     «Фирма Б»     «Фирма В»

Использование сварных соединений с CPSвтулкой, как правило, могут позволить себе только крупные компании по причине колоссальных затрат. Проектирование сварного соединения бессмысленно без дальнейшего конструирования. При всём этом, все компании предпочитают анализировать остаточный ресурс Сварного соединения в процессе эксплуатации, с дальнейшим его увеличением, путем ремонта.

## 5.2 Планирование работ

Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей, для простоты, разделим эти должности на «руководитель» и «ассистент». В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор темы исследования	1	Календарное планирование	Руководитель, ассистент
	2	Выбор алгоритма исследования	Руководитель, ассистент



	3	Подбор и изучение литературы по теме	Руководитель, ассистент
Разработка тех. задания	4	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель, ассистент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Руководитель, ассистент
	6	Проектирование модели и проведение экспериментов	Руководитель, ассистент
Обобщение результатов расчета	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, ассистент
Оформление отчета работы	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, ассистент

### *Определение трудоемкости выполнения работ*

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в «человеко днях» и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (1)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предложении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{maxi}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предложении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения



работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65%.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где,  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

В качестве примера рассчитаем продолжительность одной работы – календарное планирование:

$$t_{ожі} = \frac{3 \times 2 + 2 \times 7}{5} = 4 \text{ чел. -дн}; \quad (3)$$

$$T_{pi} = \frac{4}{1} = 4 \text{ дн.} \quad (4)$$

#### *Разработка графика проведения научного исследования*

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 6.2 – Календарный план–график проведения работ

Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> , кал.дн	Продолжительность выполнения работ								
			февраль				март				
Календарное планирование	Р,А	3	■								
Выбор алгоритма исследования	Р,А	9		■							
Подбор и изучение литературы по теме	Р,А	2			■						
Составление и	Р,А	12				■					

утверждение тех. задания												
Проведение теоретических расчетов и обоснование	Р,А	9										
Проектирование модели и проведение экспериментов	Р,А	9										
Оценка результатов исследования	Р,А	5										
Составление пояснительной записки	Р.А	4										

Р – руководитель; А – ассистент

### 5.3 Бюджет научно-технического исследования

Для проведения научного исследования нам необходим компьютер, с установленными на него специальными программами и с нужным нам программным обеспечением.

Затраты на покупку программного обеспечения Ansys и установку на компьютер:

$$Z = d_k + d_{по} = 0 + 22931 = 22931 \text{руб. (5)}$$

где  $d_k$  – стоимость компьютера (примем, что есть в наличии и нет необходимости его закупки)

$d_{по}$  – стоимость программного обеспечения, 1490\$

$d_{по} = 22931 \text{руб. (курс доллара по ЦБ РФ - 56,55)}$

#### *Основная заработная плата*

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$C_{зп} = Z_{осн} \times Z_{доп}, (6)$$

где  $C_{зп}$  – общая заработная плата.

$Z_{осн}$ ,  $Z_{доп}$  – основная и дополнительная заработные платы.

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей форме:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \times T_{раб}, (7)$$

где  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \times M}{F_d} = \frac{51413 \times 11,1}{219} = 2605 \text{ руб.}, (8)$$

где  $Z_m$  – месячный оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 28 дней  $M = 11,1$ )

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени работника, раб. дн.

Таблица 5.3 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Ассистент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные и праздничные дни)	118	118
Потери рабочего времени (отпуск)	28	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	219	219

Месячный должностной оклад работника:

$$\begin{aligned} Z_m &= Z_{тс} \times (1 + k_{пр} + k_d) \times k_p = \\ &= 23264 \times (1 + 0,3 + 0,4) \times 1,3 = 51413 \text{ руб.} (9) \end{aligned}$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство);

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата  $Z_{тс}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{с1} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_t$  и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии.

За основу оклада берется ставка работника ТПУ, согласно занимаемой должности. Из таблицы окладов для доцента (степень – кандидат наук) – 23264 руб., для ассистента (степень отсутствует) – 14584 р.

Таблица 5.4 – Расчет основной заработной платы для исполнения

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	23264	0,3	0,4	1,3	51413	2605	40	104200
Ассистент	14584	0	0	1,3	18959	961	40	38440
Итого								142640

#### *Дополнительная заработная плата*

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \times Z_{осн} = 0,13 \times 104200 = 13546 \text{ руб.}; \quad (10)$$

$$Z_{доп} = k_{доп} \times Z_{осн} = 0,13 \times 18959 = 2465 \text{ руб.}, \quad (11)$$

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты, равен 0,13;

$Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

$$C_{зп} = 104200 + 13546 = 117746 \text{ руб. (для руководителя);}$$

$$C_{зп} = 38440 + 2465 = 40905 \text{ руб. (для исполнителя).}$$

## 5.4 Страховые взносы в государственные внебюджетные фонды

Исходя из ст. 425 НК РФ и закона «О тарифах на ОСС от НС и ПЗ» от 22.12.2005 № 179-ФЗ, включают в себя:

- 22% — тариф взносов на обязательное пенсионное страхование. Эта ставка применима только к той сумме оплаты труда работника, которая нарастающим итогом с начала года не выходит за рамки определенного лимита.
- 5,1% — тариф на обязательное медстрахование. Предельной базы для него нет, поэтому медвзносы начисляются на всю сумму вознаграждения, причитающуюся работнику.
- 2,9% — взносы на случай временной нетрудоспособности и в связи с материнством.
- 0,2% — это минимальная ставка по взносам для защиты при наступлении несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в ФСС.

Таблица 5.5 – Страховые взносы

Тариф	Руководитель	Ассистент
Обязательное пенсионное страхование	25904,12 руб.	8999,1 руб.
Обязательное медстрахование	6005,05 руб.	2086,16 руб.
Взносы на случай временной нетрудоспособности и в связи с материнством	3414,63 руб.	1186,25 руб.
Минимальная ставка по взносам для защиты при наступлении несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в ФСС.	235,49 руб.	81,81 руб.
<b>Итого</b>	<b>35559,29 руб.</b>	<b>12353,22 руб.</b>

## 5.5. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: общехозяйственные расходы, административные, такие как печать и ксерокопирование материалов исследования, пишущие принадлежности, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

## 5.6 Расчет сварочных работ

Рассчитаем затраты на сварочные работы с применением ручной дуговой сварки - (РДС).

### 5.6.1 Расчет расхода сварочных материалов и времени сварки

При использовании ручной дуговой сварки расход электродов определяется по формуле:

$$L_{\text{э}} = K_p \cdot G_{\text{н}}, \quad (12)$$

где  $K_p$  – коэффициент расхода электродов на один килограмм наплавленного металла. Для электродов LB – 52U он равен:  $K_p = 1,6$ .

$G_{\text{н}}$  – масса наплавленного металла, которую определим по формуле:

$$G_{\text{н}} = V \cdot \gamma, \quad (13)$$

где  $V$  – объем наплавленного металла,  $\text{см}^3$ ;

$\gamma$  – плотность металла;  $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ .

Объем наплавленного металла определяется по формуле:

$$V = F_{\text{н}} * S \quad (14)$$

где  $F_{\text{н}}$  - площадь наплавленного металла пояса,  $\text{см}^2$ ;

$S$ - длина сварных швов пояса, см.

Следовательно:

$$V = 102,05 * 0,4 = 41,1 (\text{см}^3).$$

Таким образом:

$$L_3 = 1,6 \cdot 20,5 \cdot 7,8 = 383,76 \text{ (г)} = 0,51 \text{ (кг)}.$$

### 5.6.2 Расчет количества необходимой техники и оборудования

Непосредственно для производства процесса сварки потребуется сварочный аппарат. В качестве таких аппаратов были выбраны сварочный аппарат LorchX 350 BasicPlus при ручной дуговой сварке.

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. Нормы амортизации для автомобильного крана выбираем согласно постановлению Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 (ред. от 06.07.2015) «О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы».

Таблица 21 – Расчет амортизационных отчислений при сооружении резервуара с применением ручной дуговой сварки

Объект	Стоимость руб.	Норма амортизации и %	Норма амортизации и в год, руб.	Норма амортизации и в час, руб.	Кол-во	Время работы, час.	Сумма амортизации, руб.
Сварочный аппарат LorchX 350 BasicPlus	185750	8,33	15473	1,77	1	2	1026,6
<b>Итого</b>	1026,6						

### 5.6.3 Затраты на материалы

Стоимость материалов на проведение мероприятия двумя способами сварки приведена в таблице 22.

Таблица 22 – Стоимость материалов на проведение мероприятия двумя способами сварки

Наименование материалов	Метод сварки: механизированная сварка			Метод сварки: ручная дуговая сварка		
	Кол-во, кг.	Цена, руб.	Сумма, руб.	Кол-во, кг.	Цена, руб.	Сумма, руб.
	1	Электроды			1	170

#### 5.6.4 Расчет затрат на оплату труда

К расходам на оплату труда относятся:

- суммы, начисленные по тарифным ставкам, должностным окладам, сдельным расценкам или в процентах от выручки от реализации продукции(работ, услуг) в соответствии с принятыми на предприятии (организации) формами и системами оплаты труда;
- надбавки по районным коэффициентам, за работу в районах крайнего Севера и др.

Таблица – Расчет заработной платы

Профессия	Разряд	Количество	Тарифная ставка, руб./час	Время на проведение мероприятия, ч.	Тарифный фонд ЗП, руб.	Сев. и рай. коэф. 50%+60%	Заработная плата с учетом надбавок, руб.
Мастер	8	1	165	2	330	363	693
Монтажник	6	1	102	2	304	334	638
Электросварщик	7	1	125	2	250	275	525
<b>Итого</b>		3			884	972	1856

Исходя из полученных значений заработной платы с учетом надбавок, можно сделать вывод, что установка втулки-CPS сварного шва составит 1856 руб.



### 5.6.5 Затраты на проведение мероприятия

На основании вышеперечисленных расчетов затрат определяется общая сумма затрат на проведение организационно-технического мероприятия.

Таблица – Затраты на проведение организационно-технического мероприятия

Состав затрат	Сумма затрат, руб.
Амортизационные отчисления	1026,6
Затраты на материалы	170
Оплата труда	1856
Накладные расходы (20%)	610,52
<b>Всего затрат:</b>	<b>3663,12</b>

Затраты на установку втулки-CPS сварного шва 3663,12 руб

### 5.7 Расчет работ для определения продольной устойчивости втулки

Для того, чтобы провести техническое диагностирование оборудования будет использоваться организация, специализирующаяся на данный вид работы.

Для определения оптимальных экономических затрат на проведение технического диагностирования, проведем анализ всех необходимых видов работ с учетом норм времени и себестоимости на их выполнение, а также произведем расчет стоимости всего комплекса работ двумя методами и проведем сравнительный анализ с целью выбора оптимального варианта.

#### 5.7.1 Первый способ расчета стоимости проведения экспертизы сварного соединения трубопровода

Принимаем соотношение стоимости работ по ЭПБ к стоимости работ по ОТС сварного соединения трубопровода равным 30%.

Стоимость ЭПБ резервуара определяется в зависимости от усложняющих факторов по формуле:

$$C_{\text{эксп.рез}} = \frac{(C_{\text{ед}} + C_{\text{ед}} \times 30\%)}{k_{\text{общ}}} \times k_{\text{инд}} =$$

$$= \frac{(7053,16 + 7053,16 \times 0,3)}{2,04} \times 4,91 = 33103,18 \text{ руб.}, \quad (15)$$

где  $C_{\text{эксп.рез}}$  – стоимость сварного соединения трубопровода, руб.;

$C_{\text{ед.}}$  – единичная стоимость работ по ОТС сварного соединения трубопровода, руб., равна 10579,74 руб.;

$k_{\text{общ.}}$  – общий коэффициент [3].

$$\begin{aligned} k_{\text{общ}} &= k_{\text{район}} \times k_{\text{удал}} \times k_{\text{усл.ф}} \times k_{\text{отс.док.}} \times k_{\text{попр}} = \\ &= 1,35 \times 1,1 \times 1,1 \times 1,25 = 2,04 \quad (16) \end{aligned}$$

$k_{\text{инд.}}$  – коэффициент инфляции, согласно Письму Минстроя России от 5.12.2017 N 58300-ОГ/09 во 2 квартале 2022 года равен 4,91.

### **5.7.2 Второй способ расчета стоимости работ при техническом диагностировании сварного соединения трубопровода**

Комплекс работ при полном техническом диагностировании включает:

1. Анализ документации;
2. Визуальный и измерительный контроль;
3. Контроль толщины стенок основных элементов неразрушающим методом (ультразвуковая толщинометрия).

Стоимость работы при техническом диагностировании оборудования, сооружений и трубопроводов Ц, руб., определяют по формуле:

$$Ц = С \times K_{\text{ус}} \times K_{\text{тр}} \times K_{\text{рк}} + П, \quad (17)$$

где  $C$  – себестоимость работы при техническом диагностировании оборудования, сооружений и трубопроводов;

$K_{\text{р.к.}}$  – поправочный коэффициент, зависящий от районного коэффициента к заработной плате. Величины  $K_{\text{рк}}$  приведены в таблице 7.3.

$П$  – плановая прибыль, руб.

Таблица 6.6. Значение поправочного коэффициента в зависимости от районного коэффициента к заработной плате

<b>Районный коэффициент к заработной плате</b>	<b>Величина поправочного коэффициента</b>
1,1	1,07
1,12	1,09
1,15	1,10
1,2	1,15
1,3	1,20
1,4	1,30
1,5	1,35
1,6	1,40
1,7	1,50
1,8	1,55
2,0	1,70

Себестоимость работы при техническом диагностировании оборудования, сооружений и трубопроводов включает:

- стоимость основных и вспомогательных материалов;
- основную (без учета районного коэффициента) и дополнительную заработную плату специалистов, проводящих диагностирование, в том числе выплаты из фонда материального стимулирования (кроме выплат, осуществляемых из прибыли);
- отчисления из фонда заработной платы;
- стоимость топлива и энергии;
- накладные расходы (на содержание и эксплуатацию оборудования, цеховые расходы, общезаводские расходы и т.д.) без учета транспортных затрат;
- прочие расходы.

При расчете стоимости основных и вспомогательных материалов, топлива, энергии закладывается их обоснованная потребность на выполнение работы при техническом диагностировании и действующие цены на приобретение.

Фонд заработной платы рассчитывают по нормативам времени, установленными в Единых нормах времени в зависимости от перечня планируемых для выполнения работ и часовой тарифной ставки специалистов по техническому диагностированию.

Долю накладных расходов устанавливают относительно затрат на соответствующий вид работ при диагностировании, без учета стоимости расходуемых материалов.

Стоимость комплекса работ при техническом диагностировании оборудования, трубопроводов и сооружений определяют по формуле:

Постоянными величинами при определении стоимости работ по техническому диагностированию оборудования, сооружений и трубопроводов являются нормы времени на выполнение конкретных видов работ, представленных в настоящих Единых нормах времени на 2014 год, которые служат основанием для установления договорной цены.

Расчет

Исходные данные:

- внешний диаметр трубопровода - 325 мм;
- длина участка трубопровода – 500 мм
- толщина трубопровода - 8 мм;
- внешний диаметр CPS втулки - 309 мм;
- толщина CPS втулки - 4 мм;
- длина CPS втулки - 300 мм
- материал очистительного поршня – поролон;
- плановая прибыль (П) - 25% от себестоимости работ;
- районный коэффициент к заработной плате – 1,3.

Техническое освидетельствование сварного соединения производится на расстоянии 30 км от центральной базы производственного обслуживания в летнее время.

1. Анализ документации:

- Ознакомление и анализ проектной документации  $C_1^{a.d.}=1707,13$  руб.;
- Ознакомление и анализ исполнительной документации  $C_2^{a.d.}=1138,09$  руб.;
- Анализ нормативной документации и установление норм оценки технического состояния  $C_3^{a.d.}=260,91$  руб.;
- Анализ условий эксплуатации и технологических режимов работы  $C_4^{a.d.}=521,86$  руб.;

Себестоимость работ при анализе документации:

$$C^{a.d.} = \sum C_n^{a.d.} = 1707,13 + 1138,09 + 260,91 + 521,86 \\ = 3627,99 \text{ руб.}$$

Визуальный и измерительный контроль:

- визуальный осмотр сварных швов снаружи (100 % осмотр) и измерение размеров выявленных дефектов, себестоимость:

$$C_1^{в.и.} = C_1^A \times L = 12,90 \times 100 = 1290 \text{ руб.}, \quad (18)$$

где  $C_1^A$  – себестоимость 1 м шва;

- визуальный осмотр сварных швов изнутри (100 % осмотр) и измерение выявленных дефектов, себестоимость:

$$C_2^{в.и.} = C_1^A \times L \times K_{ус.} = 12,90 \times 1000 \times 2 = 2580 \text{ руб.} \quad (19)$$

- визуальный осмотр основного металла снаружи и измерение выявленных дефектов, себестоимость:

$$C_3^{в.и.} = C_2^A \times F = 12,90 \times 312 = 4024,8 \text{ руб.}, \quad (21)$$

где  $C_2^A$  – себестоимость осмотра 1 м<sup>2</sup> основного металла резервуара;

- визуальный осмотр основного металла изнутри и измерение выявленных дефектов, себестоимость:

$$C_4^{в.и.} = C_2^A \times F \times K_{ус.} = 12,90 \times 4024,8 \times 2 = 8049,6 \text{ руб.} \quad (22)$$

Себестоимость работ при визуальном и измерительном контроле сварных швов и основного металла:

$$C^{в.и.} = \sum C_n^{в.и.} = 1290 + 2580 + 4024,8 + 8049,6 = 15944,4 \text{ руб.} \quad (23)$$

2. Контроль толщины стенок основных элементов неразрушающим методом (ультразвуковая толщинометрия). В состав работ входит:

- зачистка поверхности под контроль до шероховатости Rz40 зоны участка сварного соединения трубопровода, себестоимость:

$$C_1^{y.t.} = C^{b.p.} \times N_{зон.} = 16,73 \times 30 = 501,9 \text{ руб.} \quad (24)$$

где  $C^{b.p.}$  – себестоимость зачистки зоны поверхности;

$N_{зон.}$  – количество зон.

- ультразвуковая толщинометрия (традиционным методом с помощью прибора типа УТ-93П), себестоимость:

$$C_2^{y.t.} = C^{т.т.} \times N_3 = 51,56 \times 30 = 1546,8 \text{ руб.} \quad (25)$$

где:  $C^{т.т.}$  – себестоимость 1 замера традиционным методом (ультразвуковой толщинометрии);

$N_3$  – количество замеров.

Себестоимость работ при контроле толщины стенок основных элементов:

$$C^{y.t.} = \sum C_n^{y.t.} = 501,9 + 1546,8 = 2048,7 \text{ руб.} \quad (26)$$

Стоимость комплекса работ при техническом диагностировании узла сварного соединения трубопровода:

$$\begin{aligned} Ц &= (3627,99 + 15944,4 + 2048,7) \times 1,1 \times 1,2 \times 1,25 = \\ &= 35\,674,8 \text{ руб.} \quad (27) \end{aligned}$$

### 5.8 Формирование бюджета затрат проекта

Рассчитанная величина затрат работы является основой для формирования бюджета затрат проекта.

Таблица 6.7. Расходы на проведение научного исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.
Техническое диагностирование	33103,18
Затраты по заработной плате исполнителей	158651
Затраты на покупку программного	22931

обеспечения	
Затраты на сварочные работы	3663
Страховые взносы	47913
Накладные расходы (15-20%)	110882
Итого:	377143

### **Заключение по данной главе**

На основании проведенных расчетов можно сделать следующие выводы.

1. Стоимость анализа прочности сварного соединения трубопровода с CPS-штулкой с целью определения необходимости ремонта составила 3 77143 руб.
2. При этом стоимость технического диагностирования CPSштулки двумя методами составляет 33103,18руб. для первого и 35674,8 руб. для второго, соответственно. Из предложенных методов в целях экономии следует выбрать менее затратный – первый.

## **6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **Введение**

Магистерская диссертация посвящена анализу прочности сварного соединения трубопровода с CPS-втулкой при взаимодействии с внутритрубным оборудованием. В данном разделе рассматривается возможное влияние используемого оборудования, сырья, энергии, продукции и условий работы на человека и окружающую среду; техника безопасности при работе с оборудованием и действия при чрезвычайных ситуациях.

Узел сварного соединения трубопровода с CPS-втулкой расположен на Крайнем Севере в Ханты-Мансийской автономном округе. Район с континентальным климатом, который характеризуется продолжительной суровой зимой и коротким летом.

Рабочий персонал во время работ находится на территории резервуарного парка, контакт рабочего резервуаром производится в основном при периодическом осмотре, при подготовке рабочей зоны, а также при возникающих авариях.

В данном разделе произведен анализ опасных и вредных факторов, возникающих при эксплуатации и обслуживании промысловых нефтепроводов, разработка комплекса мер для безопасного обеспечения работ.



## **6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В связи со спецификой деятельности работникам резервуарного парка приходится работать на значительном удалении от места нахождения своей компании. Вахтовая работа в силу существенных отличий от «обычной» трудовой деятельности работника регулируется отдельным законодательством.

Особенностям регулирования труда лиц, работающих вахтовым мет дом, посвящена глава 47 ТК РФ.

Понятие вахтового метода приведено в ст.297 ТК РФ, а основные положения о вахтовом методе организации работ утверждены Постановлением Госкомтруда СССР, Секретариата ВЦСПС и Минздрава СССР от 31.12.1987 г. №794/33-82(далее по тексту – Положение о вахте) и действуют в части, не противоречащей ТК РФ (ст.423 ТК РФ). Вахтой считается общий период, включающий время выполнения работ на объекте и время междуменного отдыха (ст.299 ТК РФ).

Основной профессией, обслуживающей трубопроводы, является трубопроводчик линейный. В обязанности трубопроводчика входит обслуживание трубопровода, что составляет 50%времени рабочей смены, визуальное наблюдение за работой оборудования насосных и транспортных коммуникаций, обход резервуарного парка – 44%рабочего времени. Кроме того, операторы обеспечивают предварительную подготовку оборудования к капитальному ремонту. 6% времени рабочие занимаются личными делами. Размер оклада будет зависеть от сезона года и климатогеографических особенностей региона, так же оклад зависит от разряда оператора. Уровень зарплаты варьируется от 55000 тысяч до 90000 тысяч рублей.

Вместе с тем отдельные нормативные акты содержат положения о размере доплат за работу во вредных условиях труда. Так, постановлением Министерства труда РФ от 25 апреля 1995 года № 25 рекомендовано при оплате труда работников организации внебюджетной сферы экономики тарифные

ставки (оклады) на работах с тяжелыми и вредными условиями труда увеличивать по сравнению старифными ставками (окладами) для аналогичных работ с нормальными условиями труда на 12%, а на работах с особо тяжелыми и особо вредными условиями труда — на 24%.

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

- Закон об основах охраны труда в РФ №181-ФЗ от 17.07.1999 г (с изменениями от 20 мая 2002 г., 10 января 2003 г., 9 мая, 26 декабря 2005 г.).

- Федеральный закон о промышленной безопасности опасных производственных объектов 116-ФЗ от 21.07.1997 г. с изменениями от 7.08.2000 г.

- Трудовой кодекс №197-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 13.04.2014)

- Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности  
ПБ 08-624-03

- Инструкции по технике безопасности предприятия.

- Порядок разработки деклараций безопасности промышленного объекта РФ. МЧС, Госгортехнадзор №222/59 от 4.04.1996 г. – ГОСТ 12.0001-82 ССБТ «Система стандартов безопасности труда»

- Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.  
СНиП .21/2.11.567-96 от 31.10.1996 г.

- Закон о пожарной безопасности №б9-ФЗ, принят 21.12.1994 г (с дополнениями и изменениями от 22.08.1995 г, от 18.04.1996г, от 2.01.1998 г, от11.2000 г. от 27.12.2000 г.) - Пожарная охрана предприятий. Общие требования.НБТ - 201-96, утв. 01.03.1992г.

- Правила пожарной безопасности РФ ППБ-01-93. МВД РФ 14.12.1993 г.,дополнения к ним от 25.07.1995г.

## **Компоновка рабочей зоны**

Рабочее место – это зона пространства, оснащенная необходимым оборудованием, где происходит трудовая деятельность одного работника или группы работников. От организации рабочего места во многом зависит эффективность работы, в следствии чего достигаются и улучшаются результаты поставленных целей. Рациональная планировка рабочего места должна обеспечивать: наилучшее размещение орудий и предметов труда, не допускать общего дискомфорта, уменьшать утомляемость работника

Персонал в рабочей зоне должен иметь все необходимые приспособления для выполнения своих обязанностей.

Подготовка рабочего места – выполнение до начала работ технических мероприятий для предотвращения воздействия на работающих опасных производственных факторов на рабочем месте.

Подготовка рабочего места и допуск к работе осуществляется только после получения разрешения от оперативного персонала, в управлении и ведении которого находится оборудование. Ответственный руководитель перед допуском к работе должен выяснить, какие меры безопасности приняты при подготовке рабочего места, и проверить подготовку рабочего места личным осмотром в пределах рабочего места. Началу работ должен предшествовать целевой инструктаж. Наблюдающий инструктирует о мерах по безопасному ведению работ и о порядке перемещения по территории.

На территории резервуарного парка персонал в основном находится в операторной, где в положении сидя следит за показаниями в мониторе компьютера. В связи с этим, работодатель должен обеспечить обстановку, соответствующей следующим документам:

- Типовая инструкция ТОИ Р-45-084-01;
- СанПиН 2.2.2. / 2.4. 1340-03 (далее – СанПиН);
- Трудовой кодекс РФ;

Общие правила работы за ПК:

- в помещении с компьютерами рекомендовано, чтобы окна выходили на север или северо-восток;
- если в офисе отсутствует естественный солнечный свет, должно быть организовано искусственное освещение в соответствии с нормами и правилами освещенности рабочих мест;
- если мониторы расположены в ряд, люминесцентные лампы следует исполнять в виде сплошных или прерывистых линий;
- при расположении ПК по периметру, источники освещения должны находиться непосредственно над рабочим столом.

Оснащение рабочего места, предусматривающую работу за ПК должно соответствовать требованиям, представленным на табл.

Таблица 1 - Оснащение рабочего места при работе за ПК

Высота перегородок, разделяющих рабочие места	Не менее 1,5 метров
Ширина рабочего стола	От 80 до 140 см
Глубина рабочего стола	От 80 до 100 см
Высота рабочего стола	7,25 см
Расстояние от глаз до монитора	От 60 до 70 см
Расстояние клавиатуры от края стола	От 10 до 30 см
Сидение	Должно позволять регулировку по высоте, повороту и углу наклона спинки (регулировки должны быть независимыми друг от друга)
Подставка для ног	Ширина — от 30 см, глубина – от 40 см, с углом наклона до 20 градусов

Схема правильной посадки при работе за компьютером представлена на рисунке:

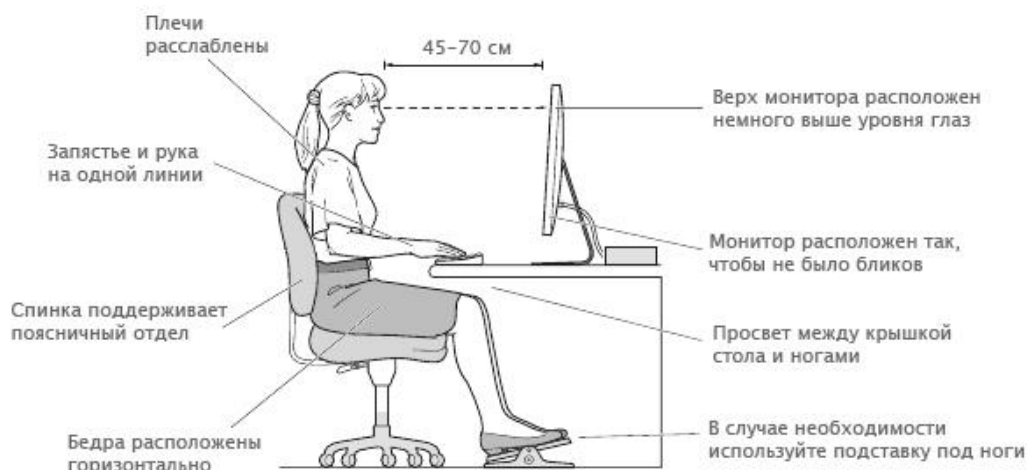


Рисунок 1 – Схема правильной посадки при работе за ПК

Во время осмотра территории, в качестве рабочей зоны выступает вся территория, для удобства персонала, делающего обход, следует обеспечить маршрут информационными знаками и легкопроходимой дорогой.

## 6.2. Производственная безопасность

### Анализ вредных факторов при эксплуатации

В данном пункте проанализированы опасные и вредные факторы, с которыми работники могут столкнуться при выполнении своих трудовых обязанностей. Перечень факторов представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Вредные и опасные факторы [3]

Факторы (согласно ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Климатические условия	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ[1.24] ГОСТ 12.1.019-2017[1.26] ГОСТ 12.1.046-2014 ССБТ[ <b>Ошибка!</b> <b>Источник ссылки не найден.</b> ] МР 2.2.7.2129-06[1.27] ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ[1.28] СП 3.1.3.2352-08[ <b>Ошибка!</b> <b>Источник ссылки не найден.</b> ]
2.Повышенный уровень шума.	+	+	+	
3.Повышенный уровень вибрации	+	+	+	
4.Поражение электрическим током	+	+	+	
5.Механические опасности	+	+	+	
6.Взрывоопасность и пожароопасность	+	+	+	

### Климатические условия

В зимнее время работа персонала отличается от летнего. С понижением температуры окружающего воздуха до отрицательных величин (под отрицательными величинами подразумевается значение температуры, которое неблагоприятно действует на рабочий персонал и на оборудование. Для каждого оборудования температура, при которой эксплуатация невозможна разная, к примеру эксплуатация стальной запорной арматуры только до минус 60°С) устанавливается порядок осмотра аппаратов, трубопроводов обслуживающим персоналом в зависимости от температуры окружающей среды с записью в режимном листе контроля работы устройств, где фиксируется температура окружающей среды, температура в трубопроводе или аппарате, работа теплоспутника.

При воздействии на организм человека отрицательных температур наблюдается сужение сосудов пальцев рук и ног, кожи лица, изменяется обмен веществ. Низкие температуры воздействуют также и на внутренние органы, и длительное воздействие этих температур приводит к их устойчивым заболеваниям.

Обслуживающему персоналу по графику проверять состояние обогрева дренажных устройств, застойных зон участков трубопроводов с записью в вахтовом журнале результатов осмотра, осмотр их инженерно-техническими работниками объекта производить по специальному графику, утвержденному начальником цеха по переработке газа.

При выявлении случаев переохлаждения металла в узле сварного соединения трубопровода произвести наружный осмотр участка трубопровода с целью установления приблизительной границы замораживания, затем принять меры к отключению их от действующих коммуникаций так, чтобы не создавались искусственные тупики и принять меры к разогреву отключенного участка трубопровода в соответствии с изложенными выше требованиями.

Работникам, работающим в холодное время года на открытом воздухе, предоставляются специальные перерывы для обогрева и отдыха; средства для обогрева предоставляются на месте работ или в непосредственной близости от места работы. [11]

### **Повышенный уровень шума**

Производственный процесс на территории парка сопровождается значительным шумом, неблагоприятно действующий на персонал. Шум может повредить органы слуха и нервную систему рабочего.

Допустимый уровень шума на рабочем месте не должен превышать 80 дБ [6]. Колебание более низкой частоты (меньше 16 Гц - инфразвук) и более высокой частоты (выше 20000 Гц - ультразвук) воспринимаются человеком не как звук, а как вибрация (сотрясения).

Таблица 2 – Предельно допустимые уровни звукового давления [5]

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах с частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (дБА)
	1,5	3	125	50	500	1000	2000	4000	8000	
Выполнение работ в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

В соответствии со статьей 221 «Трудового кодекса РФ» работникам, занятым на работах с вредными и опасными условиями труда, выдается бесплатно сертифицированная специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты в соответствии с нормами, утвержденными в порядке, определенном Правительством Российской Федерации. [3]

В качестве защиты от шума применяются такие средства индивидуальной защиты как наушники, противошумовые вкладыши (беруши).

### **Повышенный уровень вибрации**

Систематическое воздействие вибрации может привести к вибрационной болезни, которая характеризуется нарушениями физиологических функций организма, связанными с поражением центральной нервной системы. Эти нарушения вызывают головные боли, головокружения, нарушения сна, снижение работоспособности, ухудшение самочувствия, нарушения деятельности.

Вибрационное воздействие (см. таблицу 3) на рабочих местах нормируется по ГОСТ 12.1.012-90. Позволяет оценить опасность воздействия вибрации на рабочих.

Таблица 3 – Предельно-допустимые уровни вибростойкости

Вид вибрации		Логарифмические уровни вибростойкости (дБ) в октавных полосах, Гц					
Технологическая, на постоянных рабочих местах	в производственных помещениях	2	4	8	16	31,5	63
	в машинно-котельных помещениях	108	99	93	92	92	0,2



Использование ручного инструмента с виброзащитными рукоятками, специальной обуви и перчаток.

Производственные операции должны распределяться между работниками так, чтобы продолжительность непрерывного воздействия вибрации, включая микропаузы, не превышала 15 — 20 мин.

### **Поражение электрическим током**

Поражение электрическим током – это причина контакта с электроцепью источников напряжения или тока, способных, по попавшей под напряжение части тела, вызвать протекание тока. [8]

Поражение человека электрическим током может произойти при:

- прикосновении к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- прикосновении к отключенным токоведущим частям, на которых остался заряд;
- при нахождении человека в зоне растекания тока на землю (попадание под «шаговое напряжение»);
- приближении к частям, находящимся под напряжением, на недопустимо малое расстояние.

Основной защитой от поражения электрическим током является заземление. Изоляция токоведущих частей, ограждающие устройства, предупредительная сигнализация, средства защиты и предохранительные устройства [10]. Проверка заземления должна проводиться рабочим персоналом регулярно.

### **Механические опасности**

Во время работы персоналу часто приходится иметь дело с подвижными механизмами и машинами. Движущиеся оборудования, к примеру, такое как маховик задвижки, кран-балка, представляют опасность травмирования

рабочего в виде ушибов, порезов, переломов и др., которые могут привести к потере трудоспособности.

В соответствии с ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» движущие части производственного оборудования, если они являются источником опасности, должны быть ограждены, за исключением частей, ограждение которых не допускается функциональным их назначением.

Для исключения получения травм требуется регулярная проверка состояния оборудования и проведение инструктажей персоналу по технике безопасности. Также персонал должен иметь средство индивидуальной защиты в виде спецодежды, каски, специальной обуви, перчаток, очков.

### **Взрывоопасность и пожароопасность**

В технологическом процессе веществами, представляющими опасность с точки зрения взрывопожароопасности и вредного воздействия на организм человека, являются углеводороды парафинового ряда C1 – C9, триэтиленгликоль, метанол, масло компрессорное, антивспениватель, гидроксид натрия (регулятор pH).

Удельный вес углеводородов, начиная с пропана, превышает удельный вес воздуха, что создает дополнительную опасность скопления газов в помещениях.

Нижний предел взрываемости продуктов, в состав которых входят приведенные выше углеводороды, является основной характеристикой производства по взрывоопасности, что свидетельствует о возможности быстрого образования взрывоопасных концентраций в случае наличия неплотностей в аппаратуре и коммуникациях.

Основными поражающими факторами аварии являются:

- тепловая нагрузка для горения пролива;
- ударная волна взрыва;

- летящие предметы, осколки, обломки для взрыва при разрушении оборудования, обрушении зданий и сооружений.

Методы обеспечения пожаробезопасности подразумевают под собой создание соответствующего противопожарного режима, в котором должны быть установлены: порядок утилизации горючих отходов; места хранения промасленной спецодежды; порядок отключения от питания электрооборудования в случае пожара; последовательность проведения пожароопасных работ, действия и обязанности работников при возникновении пожара. [14]

### **6.3. Экологическая безопасность**

#### **Загрязнение атмосферы**

При эксплуатации оборудования в атмосферу выделяются постоянные выбросы, а также аварийные сбросы при выходе из строя оборудования и трубопроводов. Выбросы загрязняющих веществ в виде углеводородов (метан, этан и т.д.) и их производных, кислых компонентов в виде оксидов углерода, серы и азота при рабочем режиме эксплуатации оборудования будут постоянные и залповые:

- продуктов сгорания газа в двигателях;
- углеводородов от не плотностей оборудования, расположенного открыто на технологической площадке;
- углеводородов от оборудования, расположенного в зданиях, через воздухопроводы и дефлекторы;
- вредных веществ через вентиляционные трубы, дыхательные клапаны ёмкостей;
- при сжигании топлива в котельной через дымовую трубу;
- при заполнении емкостей через воздушники.

С целью уменьшения загрязнения атмосферного воздуха предусмотрены технические решения, позволяющие свести до минимума вредное воздействие на атмосферный воздух:

- Постоянный мониторинг воздушной обстановки в резервуарных парках, а также в замкнутых газоопасных помещениях;
- Автоматическое определение превышения ПДК загрязняющих веществ в рабочей зоне датчиками и оповещение рабочего персонала;
- Возможность автоматического проветривания замкнутых помещений при превышении ПДК. [9]

При хранении нефтепродуктов в резервуаре образовывается газозвдушная смесь, которая через дыхательные клапаны выходит в атмосферу, это называется «большие дыхания» резервуара.

### **Загрязнение гидросферы**

Объекты на узле сварного соединения трубопровода представляют потенциальную угрозу загрязнения поверхностных вод, поэтому должны быть разработаны план мероприятий и инструкции по предотвращению аварий на этих объектах.

Мероприятия, проводимые для защиты гидросферы от загрязнения, включают:

- система сбора и подготовки нефти полностью герметизирована;
- сварные стыки участков трубопроводов всех категорий подлежат 100% контролю физическими методами. После полной готовности участка или всего трубопровода производится испытание его на прочность и проверка на герметичность;
- своевременное предотвращение утечек через неплотные фланцевые соединения в водяных линиях;

- обеспечение полной утилизации промышленной сточной воды, сброс промывочных стоков и других объектов в коллектор или в специальные дренажные ёмкости;
- постоянная проверка состояния обвалования вокруг эксплуатационных и нагнетательных скважин;
- осуществление сбора разлитой при эксплуатации и капитальном ремонте скважин в коллектор или закрытую ёмкость.

### **Загрязнение литосферы**

При разработке и эксплуатации месторождений, на земельный покров оказывается очень большое механическое, физическое и химическое влияние.

Деградация почв происходит как от прямого попадания нефти на нее, так и от косвенного влияния на почвенные условия. Мероприятия, направленные на восстановление почв, должны создавать условия для самовосстановления литосферного слоя.

Для этого необходимо еще при проектировании учесть негативное влияние на окружающую среду, применять современные технологии при строительстве нефтегазовых сооружений и минимизировать их количество. Объекты должны располагаться строго в пределах лицензионной территории вне природоохранных зон.

Современные технологии мониторинга должны быть направлены в первую очередь на предотвращения разлива нефти, а также на быстрое устранение аварийных ситуаций

### **6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Во время работы в результате как технических, так и организационных ошибок возникают аварии, на территории узла сварного соединения трубопровода встречаются такие чрезвычайные ситуации как:

- аварии в результате разгерметизации (порыв/прокол) оборудования, нефтесборных трубопроводов, выкидных линий;

- аварии в результате выхода из строя автоматизированного оборудования, в связи с повреждением кабеля линии электропередач.
- аварии в результате ошибок персонала;
- аварии в результате стихийных бедствий;
- возникновение пожара.

Действия персонала во время ЧС должны соответствовать требованиям регламента и другим принятым документам.

Наиболее вероятной ЧС на территории парка, является розлив нефтепродуктов.

Для ликвидации аварии необходимо остановить скважину, на которой произошла авария, и вывести коллектор из работы. Сбросить избыточное давление из коллектора в дренажную ёмкость.

Для ликвидации последствий разлива необходимо «накрыть» пятно разлива пенными составами для снижения загазованности территории. Далее сделать приямки для сбора нефтепродуктов и собирать нефтепродукты с приямков при помощи специальной техники (АКН). Затем собрать грунт с остатками нефтепродуктов и вывезти в шламовый накопитель. Место разлива засыпать свежим грунтом.

Для ликвидации последствий аварий на предприятии разрабатывается план ликвидации аварии (ПЛА) для всех объектов нефтегазового промысла.

### **Вывод по главе**

В данном разделе были рассмотрены вопросы соблюдения прав персонала на труд с учётом требований законодательства РФ, выполнения требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению. Также рассмотрели проектные решения, исключающие несчастные случаи в производстве, и снижение вредных воздействий на окружающую среду.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной магистерской диссертации был проведен анализ прочности сварного соединения трубопровода с CPS-втулкой при взаимодействии с внутритрубным оборудованием.

Была построена твердотельную модель узла сварного соединения магистрального трубопровода с втулкой CPS в ANSYS Workbench;

Выполнили конечно-элементное моделирование процесса соударения очистного поршня с CPS-втулкой, установленной в сварном узле магистрального трубопровода.

Определили критические параметры элементов конструкции.

Определили расчетным путем минимальные необходимые значения характеристик прочности и жесткости термоактивного полимера.

На основе всего вышеперечисленного сформирована рекомендация по выбору термоактивного полимера для CPS-втулки. Данная рекомендация позволяет определить предел текучести материала CPS-втулки.

## Список литературы

1. Втулки для защиты сварных швов марки CPS: перспективы развития втулочной защиты» [Электронный ресурс] URL: <https://glavteh.ru/втулки-защита-сварных-швов-cps/>
2. «Компания CPS technology» [Электронный ресурс] URL: <https://cps63.ru/catalog/vtulki-zashchity-svarnogo-shva-cps/vtulka-zashchity-svarnogo-shva>
3. «Определение запаса продольной устойчивости втулок CPS при прохождении средств очистки и диагностики» [Электронный ресурс] URL: <http://germetik3.alloy.ru/media/files/185302/porshni.pdf>
4. Втулки для защиты сварных швов марки CPS: перспективы развития втулочной защиты» [Электронный ресурс] URL: <https://glavteh.ru/втулки-защита-сварных-швов-cps/>
5. Бате, К. Численные методы анализа и метод конечных элементов / К. Бате, Е.Вилсон; пер. с англ. – Москва: Стройиздат, 1982. – 448 с.
6. Зенкевич, О. Метод Конечных Элементов В Технике / О. Зенкевич; пер. с англ. – Москва: Мир, 1975. – 543с.
7. Инженерный анализ в AnsysWorkbench: Учебник / В. А. Брюяка, В. Г. Фокин, Е.А. Солдусова [идр.]. – Самара: Самгту, 2010. – 271 с.
8. Лаевский, Ю. М. Метод конечных элементов (Основы теории, задачи) / Ю. М. Лаевский. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 1999. – 166 с.
9. Коробков, Г. Е. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния и устойчивости трубопроводов и резервуаров в осложненных условиях эксплуатации / Г. Е. Коробков, Р. М. Зарипов, И. А. Шаммазов. – Санкт-Петербург: Недра, 2009. – 410 с.
10. Розин, Л. А. Метод конечных элементов в применение к упругим системам / Л. А. Розин. – Москва: Стройиздат, 1977. – 130 с.
11. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции.



12. Андреев А.Ф. и др. Организация и Управление предприятиями нефтяной и газовой промышленности: Учебное пособие / Под ред. Е.С. Сыромятникова. – М.: Нефть и газ, 1997 – Ч. 1. – 144 с., М.: Нефть и газ, 1999 – Ч. 2. – 139 с.

13. Налоговый кодекс Российской Федерации ФЗ №67 от 24.07.2009 в ред. от 26.03.2022

14. Методика определения стоимости проведения экспертизы промышленной безопасности зданий, сооружений и технических устройств

15. Ст. 425 НК РФ и закона «О тарифах на ОСС от НС и ПЗ» от 22.12.2005 № 179-ФЗ [Электронный ресурс] URL: [https://nalog-nalog.ru/strahovye\\_vnosy/tarify\\_razmer\\_strahovyh\\_vnosov/iz\\_chego\\_skladyvayutsya\\_302\\_strahovyh\\_vnosov/](https://nalog-nalog.ru/strahovye_vnosy/tarify_razmer_strahovyh_vnosov/iz_chego_skladyvayutsya_302_strahovyh_vnosov/)

16. Единые нормы времени и расценки на техническое диагностирование оборудования, сооружений и трубопроводов. Дата актуализации 01.01.2021.

17. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020) Глава 47. Особенности регулирования труда лиц, работающих вахтовым методом. [Электронный ресурс] URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/b28df2870d3c3b2aeb65f905c59c7ddc1b139dd0/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/b28df2870d3c3b2aeb65f905c59c7ddc1b139dd0/)

18. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020) Глава 50. Особенности регулирования труда лиц, работающих в районах крайнего севера и приравненных к ним местностях. [Электронный ресурс] URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/b739014a99ff134c5dc56d924e34695af0b59ab4/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/b739014a99ff134c5dc56d924e34695af0b59ab4/)

19. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020) Статья 215. Соответствие производственных объектов и продукции государственным нормативным требованиям охраны труда. [Электронный ресурс] URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/34b19e0ed6f5051c2c22c24f05a7662b469b389b/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/34b19e0ed6f5051c2c22c24f05a7662b469b389b/)

20. Влияние низкой температуры на организм человека. [Электронный ресурс] URL: [https://studwood.ru/1987003/bzhd/vliyanie\\_nizkoy\\_temperatury\\_organizm\\_cheloveka](https://studwood.ru/1987003/bzhd/vliyanie_nizkoy_temperatury_organizm_cheloveka)

21. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N1). [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200291>

22. ГОСТ 12.1.012-90 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200329>

23. ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности». [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/901702428>

24. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность». [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200289>

25. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/120013607>

26. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200161238>

27. МР 2.2.7.2129-06 «Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях» [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200047514>

28. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация» [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200000277>

29. Нормативы и правила охраны труда при работе за компьютером [Электронный ресурс] URL: <http://kadriruem.ru/ohrana-truda-pri-rabote-za-kompjuterom/>

30. «ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере» (утв. Приказом Минсвязи РФ от 02.07.2001 N 162). [Электронный ресурс] URL: <https://legalacts.ru/doc/toi-r-45-084-01-tipovaja-instruktsija-po-okhrane-truda/#100058>

31. Grushenkova Olesya Anatolyevna. Stress-strain state of reservoirs of local heterogeneity of the soil base: dis. ...Ph.D. 25.00.19: protected 10.02.20: approved 21.06.20

32. RD 153-112-017-97 "Instructions for the diagnosis and evaluation of the residual life of vertical steel tanks".

33. RD 08-95-95 "Regulations on the system of technical diagnostics of welded vertical cylindrical tanks for oil and petroleum products".

34. Analysis of the residual life of a steel vertical tank of the RVS10,000 m<sup>3</sup> type [Electronic resource]. – [Access mode: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/60380/1/TPU920235.pdf](http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/60380/1/TPU920235.pdf)

35. Loads acting on the reservoir [Electronic resource]. – [Access mode: https://studopedia.ru/14\\_46536\\_nagruzki-deystvuyushchie-na-rezervuar.html](https://studopedia.ru/14_46536_nagruzki-deystvuyushchie-na-rezervuar.html)

36. Tafarov R.H., Sharafiev RG, Rizvanov RG A brief handbook of a mechanical engineer Basic formulas and reference data on strength calculations. — Ufa: USNTU Publishing House. 1995 - ISBN 5-230-19001-9.

## Приложение А

### Analysis of the strength of the welded joint of a pipeline with a CPS sleeve in interaction with inline equipment

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ05	Малуша Илья Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Манабаев Кайрат Камитович	к.т.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Матвеевко Ирина Алексеевна	д.ф.н		

## Introduction

The use of welding during the installation of steel pipelines with a protective coating under the influence of high welding temperatures leads to the destruction and burnout of the protective coating. The positive effect of using such pipes is significantly reduced due to the fact that the welded joint remains unprotected. The most common protection of pipeline welds with an internal anti-corrosion coating is the method of installing protective bushings, which is explained by the ease of installation of these devices and the high reliability of protection. The coupling is used when connecting pipelines with an internal anti-corrosion coating in oil pipeline systems.

The installation of a protective sleeve began to be used in our country relatively recently, and this method of internal protection of a welded pipe joint has significantly justified itself and brought out a steady trend in using a protective sleeve as the best protection. method.

Determination of the mechanical fault tolerance of the bushings when various cleaning and diagnostic tools (COD) pass through them is one of the main issues that has not bypassed the attention of specialists from departments since the use of bushings for internal protection of the weld. on pipelines with anti-corrosion coating. In practice, operators empirically determine the possibility of using SOD on pipelines with welded protective sleeves installed. SOD manufacturers have now moved away from this issue and bushing manufacturers have to make recommendations at their own peril and risk, based on feedback and feedback from consumers of products, which sometimes leads to such incidents as, for example, the projectile disrupting installed bushings or, conversely, stopping the projectile on the sleeve. In order to indicate the criteria for selecting and using one or another SOD, it is enough to determine the force acting by the projectile on the sleeve installed in the pipeline and compare it with the shear force of the sleeve, in other words, with its longitudinal stability. . The determination of the mechanical parameters of the bushing is usually not difficult and is implemented on any hydraulic press with power regulation. To solve the problem, it remains to determine the force of impact on the shell of the

projectile passing through it. The data obtained will make it possible to recommend the use of sleeve and foam cleaning devices for coated pipelines and installed bushings of the CPS brand. To form recommendations on the applicability of SODs of other designs, separate tests are required.

From the practice of operation, as well as the statistics of failures, it is known that failures occur, as a rule, on bushings that have worked for a sufficient time. In this regard, there is a hypothesis that during operation, the mechanical properties of the polymer located on the surface of the sleeve deteriorate.

The purpose of the work is to improve the quality of designing welded joints using CPS bushings by determining the requirements for the mechanical properties of thermosetting material.

Tasks:

- Build a solid model of a welded joint of a main pipeline with a CPS coupling in ANSYS Workbench;
- Perform finite element modeling of the impact of the cleaning piston with the CPS bushing installed in the welded joint of the main pipeline.
- Determine the critical parameters of structural elements
- Determine by calculation the minimum required values of the strength and stiffness characteristics of the thermosetting polymer;

## **Welded connection of the pipeline with the CPS sleeve**

### **Weld protection sleeve type CPS**

The purpose of CPS weld protection sleeves is to protect the pipeline weld from corrosion. They are used on pipelines with an internal anti-corrosion coating (ACP), which transport: petroleum products, stable condensate, undried associated petroleum gas, industrial waste water containing hydrogen sulfide.

The CPS sleeve has a special thermally active material around the perimeter in the heat-affected zone. This material, under the influence of the high temperature of the welding arc, foams and covers the uninsulated ends of polymer-coated pipes from the action of the pumped medium. The thermoset material has a long shelf life before use, its operation is not affected by the ambient temperature.

Due to the special shape of the device, a dense filling of the annular space (between the body of the device and the pipe) is formed, an obstacle is created to the mechanical destruction of the filler under the influence of the pumped medium, as well as means of additional cleaning or diagnostics.

Advantages of the CPS sleeve:

- Speed and ease of installation;
- Slight narrowing of the flow area;
- Good longitudinal and lateral stability;
- No calibration of pipe ends required;
- Lightweight;
- Long warranty storage period up to 5 years;
- Lack of epoxy mastic;
- Lack of restriction of installation works at negative temperatures.



Drawing 1 - CPS sleeve

The action of the CPS sleeve is based on the properties of a special thermosetting material that expands during welding and prevents the penetration of aggressive media into the weld zone by filling the space between the sleeve and the pipe. After testing the technology in laboratory conditions and conducting a series of bench tests in 2012, bushings made of thermosetting material entered mass production. Starting from 2013, testing of equipment has been carried out at the facilities of the largest oil companies in Russia, including Gazprom Neft PJSC, LUKOIL PJSC, etc.

The technology is a metal sleeve welded from a thin sheet of steel with a powder anti-corrosion coating, thermal insulation in the weld zone and stops. Unlike other types of similar equipment, the CPS sleeve has one unique feature - its design includes a special thermosetting material that expands during welding and fills the space between the sleeve and the pipe, thereby preventing the penetration of aggressive media into the weld zone. Other advantages of the technology include the



low weight of the equipment, slight narrowing of the flow area, no restrictions on the use at high pressures in the pipeline, long warranty storage period, the absence of epoxy mastic and restrictions on installation work at low temperatures.

Pilot testing of CPS bushings AT GAZPROMNEFT-MURAVLENKO BRANCH began in October 2013 at the test site of the Sugmutskiye field (Gazpromneft-Muravlenko branch). Especially for testing, we have manufactured flanges with welded coils and an internal anti-corrosion coating. The flanges were welded to each other directly on the technological site with the installation of a CPS-219x6 bushing in the area of the weld. The resulting coils were placed on the oil pipeline. Subsequently, in October 2014, they were dismantled, inspected, and, at the request of the customer, samples of welded seams with the bushing installed were sent for research to Samara Engineering and Technology Center for a comprehensive assessment of the protective properties of the bushing. Under laboratory conditions, control sections were made, the maximum corrosion damage was determined, which ranged from 20 to 100 microns, and its main sources are mainly oxides and sulfides in the weld and near-weld zone. It should be noted that 100  $\mu\text{m}$  is the local thickness of corrosion products; on average, it is about 50  $\mu\text{m}$ . The equipment was tested in an environment with increased aggressiveness (high degree of water cut - about 70%, the presence of carbon dioxide and hydrogen sulfide), which follows from the analysis of corrosion products. The corrosion rate of pipes without anticorrosion protection reached 1 mm/year. Thus, the use of bushings made it possible to slow down the corrosion rate by ten times at its maximum value (100  $\mu\text{m}$ ) and by 20 times at the main value (50  $\mu\text{m}$ ). "

In April 2014, pilot testing of CPS equipment was launched at the facilities of OOO LUKOIL-Western Siberia. Among the key features of these pilot tests, the following can be noted: high pressure in the flow line (up to 163 bar), high flow rates (according to calculations, up to 7 m/s) and the use of CPS-114x12/10 adapter sleeves. The latter cannot be called an accepted practice, but such a need arises from time to time, so it was very important for us to look at the results of the operation of adapter bushings. The technological piping of the unit was assembled directly at the

site of the pumping station with the installation of bushings CPS-114x10, CPS-114x12 and transitional CPS-114x12/10 in the area of welded seams. In April 2015, one branch was dismantled, and two samples of welds with the bushing installed were sent for research to Samara Research and Production Center to perform a comprehensive assessment of the protective properties of the bushing. After a visual inspection in the laboratory, during which it was possible to confirm the integrity of the sleeve, its coating and thermosetting material, control sections were made from the weld zone. In the study of thin sections, no corrosion products from the pumped medium were found, with the exception of small local areas of oxides, which, apparently, were formed during welding. As a result, the customer company recognized the results of the pilot test of the CPS bushings in the PPD system as successful.

In December 2013, as part of the agreement on scientific and technical cooperation with PechorNIPIneft, a branch of OOO LUKOILEngineering, in Ukhta, test trials of CPS bushings were carried out at the site of the Bayandynskoye field, which is being developed by OOO LUKOIL-Komi. The design institute "PechorNIPIneft" became the coordinator of the PPI. Coils with installed CPS-159x8 bushings were provided, which were mounted on the stand and dismantled in January 2015, after which they were also sent for research to Samara Research and Production Center. As a result of visual inspection, the integrity of the sleeve, coating and thermosetting material was confirmed. Further, according to the already worked out scheme, control sections were made for a detailed study on the subject of corrosion. No traces of continuous corrosion were found - only local traces of sulfides. The maximum corrosion value in these local areas was about 30  $\mu\text{m}$ , which corresponds to a corrosion rate of about 0.04 mm/year. This, in particular, indicates the high barrier properties of CPS bushings in a highly aggressive environment. According to the data provided by the customer, the content of hydrogen sulfide in the transported medium reached 3500 ppm, and the internal corrosion rate was 0.7 mm/year. Based on the results of the test, a positive conclusion was obtained on the protective properties of the CPS bushings.

The test conducted on the CPS bushings led to several conclusions. So, firstly, even if an aggressive medium enters the weld zone, corrosion processes do not develop due to the absence of a constant influx of aggressive components of the pumped medium.

Secondly, high pressure in the pipeline does not affect the performance of the CPS sleeve. Among other things, this means that the sleeves of the proposed design can be used in reservoir pressure maintenance systems.

In turn, the possible uneven expansion of the thermosetting material, which was noted by some of our customers, does not affect the performance of the CPS bushing, as previously assumed.

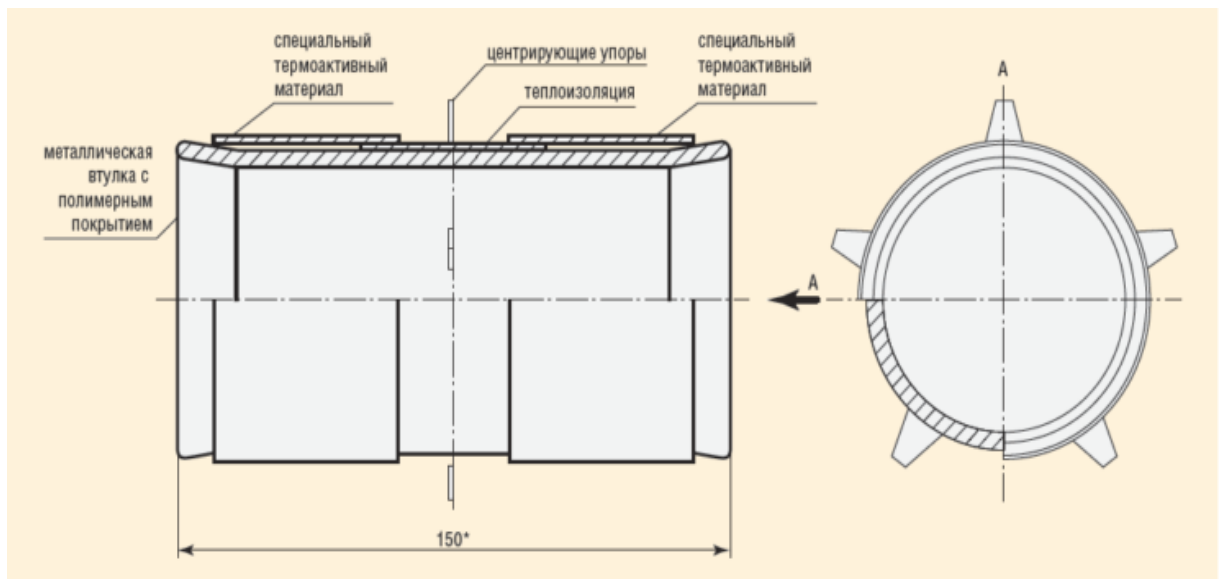
Another important conclusion: under the influence of an oil and gas emulsion, the thermosetting material does not dissolve, does not collapse and retains adhesion to the metal of the pipe and bushing even in the presence of large gaps between the bushing and the pipe.

And, finally, the results of the test also confirmed that the use of CPS bushings can significantly slow down or prevent the development of corrosion processes in the weld zone, ensuring its protection for up to 20 years of pipeline operation.

A superficial analysis of the market for devices and methods for protecting the internal weld shows that the overwhelming leadership in the market is occupied by the technology of protecting the weld using bushings of various designs. Alternative methods are not presented enough, the most common of them are metallization of joints, gluing special cuffs to the joint from the inside and applying ACP to the welded joint area using automatic or semi-automatic systems.

However, the widespread use of these methods is constrained by a number of factors. In the case of metallization, this is insufficient reliability and lack of test method statistics. The method of applying the internal bandage lacks experience in practical application due to the high complexity of this technology. The development of technologies for applying ACP to the welded joint zone from the inside is also not given serious attention either by oil and gas producers, or by venture investors, or by scientists and production workers.

Based on this, it can be assumed that in the coming years, an alternative to the sleeve protection, designed for mass implementation, is not foreseen. This is also confirmed by the rapid growth observed this year in the development of bushings of various designs, often very exotic (for example, sliding bushings with a rubber seal or bushings with epoxy resin pumped into the annular space) or based on methods rejected by the scientific community back in the days of the USSR (for example, using stainless steel in the weld zone).



Drawing 2 - CPS sleeve

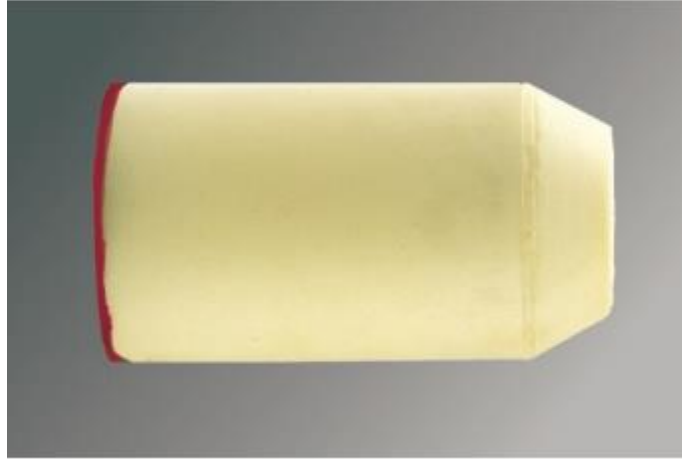
### **In-pipeequipment**

As you know, pipelines belong to the category of complex engineering systems. Therefore, a long service life is ensured only if the rules for their operation are observed. Various deposits, wear and tear of materials, rust that causes metal corrosion - these are the factors that negatively affect the throughput of various pipelines, from main pipelines to storm sewers. Therefore, their cleaning must be carried out as a preventive measure, without waiting for problems due to blockages. Moreover, for obvious reasons, the whole range of activities should be carried out before the onset of winter cold.

Cleaning pistons (OP) are used when purging pipelines. They are designed to remove foreign objects from the internal cavity of the pipeline and clean its internal

surface. The cleaning pistons move along the cleaned gas pipeline due to the energy of compressed air or natural gas, at a travel speed of 30-70 km/h/foam pistons.

The foam piston is a dense polyurethane foam (foam rubber) cast cylinder Fig.3.



Drawing 3 - Foam cleaning piston

The foam rubber piston for cleaning pipes is used to displace water, oil, oil products, condensate and various debris from metal pipelines and polyethylene pipes in all climatic zones from -400C to +600C. The PPL foam rubber piston is used in the oil and gas construction industry, in public utilities and in places where it is necessary to clean the pipe.

- purpose:
- cleaning of the pipeline cavity from soft deposits, removal of condensate and water;
- cleaning of pipelines with different flow internal section;
- checking the patency of the pipeline;
- work on filling with water for hydrotesting of the pipeline section under construction;
- carrying out works on flushing and conservation of main and field pipelines under construction and in operation;
- preliminary and final liquid removal, incl. displacement of oil and oil products from pipelines, drying of pipelines by repeated passage of pistons;
- carrying out work on receiving oil together with polyurethane pistons;

- Separation of different sorts of oil products while pumping them sequentially through the pipeline.

#### Advantages:

- do not have through punctures of the piston body and cables (nylon cords) pulling the disks from the conveyor belt, which lead to the rapid destruction of the piston in the pipeline;
- excellent for the final stage of drying the pipeline, as a rule, after the passage of lip pistons;
- foam pistons have a different, high density, which increases the piston mileage and the quality of pipeline cleaning;
- low-density foam pistons (40 kg/m<sup>3</sup>) make it possible to carry out cleaning operations of the pipeline with a higher quality by reducing the amount of piston passage;
- high wear resistance due to the application of a polyurethane helix.

#### Polyurethanepiston

The piston is polyurethane, it is a dense polyurethane (foam rubber) cast cylinder. The cast polyurethane piston, unlike the foam rubber piston, is covered entirely with polyurethane with a density of 70 kg / m<sup>3</sup> (Fig. 4) for pipe cleaning it is used on all types of pipelines (steel, polyethylene, cast iron, etc.), to displace water, oil, oil products, condensate and various debris in all climatic zones from -400C to +600C. Cast polyurethane piston is used in the oil and gas construction industry, in public utilities and in places where it is necessary to clean the pipeline.



Drawing 4 - Polyurethane cleaning piston

Purpose:

- cleaning of the pipeline cavity from construction debris, soft (including oil) and partially hard deposits, removal of condensate;
- carrying out works on purging, flushing or conservation of main and field pipelines under construction and in operation, having shutoff valves with an equal internal cross section;
- separating different sorts of oil products while pumping them sequentially through the pipeline;
- work on filling with water for hydrotesting of the pipeline section under construction, incl. with a complex profile;
- displacement of water after hydrotesting;
- preliminary and final liquid removal, incl. displacement of oil and oil products from pipelines.

Advantages: polyurethane is used as cleaning elements, which is superior to other materials (high pressure polyethylene, oil and petrol resistant rubber) in terms of wear resistance. This indicator, together with elasticity and hardness, allows the piston to excellently clean the pipeline cavity from soft and partially hard deposits throughout the area being cleaned. This piston has better patency compared to pistons with a metal frame. Compared to foam pistons, it has a higher degree of cleaning.

## **Finite Element Method in ANSYS Workbench**

To calculate the problems of mechanics of a deformable solid body (DMTT), temperature problems, problems of fluid and gas mechanics, as well as the calculation of electromagnetic fields, the FEM ANSYS complex is used. This complex is also used for calculations of related problems, in which the results of the calculation for one medium (for example, temperature fields) can be used as initial loads for the calculation of other media (for example, to calculate the stress distribution in a heated part).

With regard to the mechanics of a deformable solid body (DMTT), the ANSYS complex allows solving the following problems:

- linear and nonlinear static problems (nonlinearities can be geometric and physical);
- problems of calculation of own forms and vibration frequencies; problems of calculation of forced oscillations;
- problems of determining own forms of buckling;
- tasks of studying dynamic transient processes (including impact interaction); spectral problems.

In addition, the ANSYS complex allows for the optimization of structures, allows the use of superelements (substructures), and has a number of additional features.

These features include the following:

- updated VAT calculation in local areas; building adaptive grids;
- calculation of cyclically symmetrical structures;
- calculation of problems of fracture mechanics; determination of endurance characteristics;
- application of elements.

The generally accepted sequence of design analysis in the environment of the FEMANSYS complex is reduced to the following steps:

- Import or creation of a geometric model;



- Selection of applied types of finite elements, indication of given materials, dimensions and shape of cross sections, as well as geometric characteristics (thickness and other characteristic dimensions of shells and other elements);
- Creation of finite element mesh;
- Application of loads (in the ANSYS complex, loads can be applied both to the objects of the geometric model and to the objects of the calculation model);
- Indication of options for calculating and outputting calculated data;
- Familiarization with the results;
- Carrying out the actual calculation.