

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование
Профиль подготовки: Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов
Кафедра теоретической и прикладной механики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Определение напряженно-деформированного состояние отвода, где элементы конструкции подвергаются механическому воздействию.

УДК 622.693.4.054: 620.172.21

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4e21	Заборовский Айтал Иванович		

Руководители

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ТПМ Доцент каф. ТПМ	Манабаев К.К. Куприянов Н.А.	- К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры менеджмента	Гаврикова Н.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ ИНК НИ ТПУ	Невский Е.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПМ	Пашков Е.Н	КТН		

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование
Профиль подготовки: Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов
Кафедра теоретической и прикладной механики

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4е21	Заборовский Айтал Иванович

Тема работы:

Определение напряженно-деформированного состояние отвода, где элементы конструкции подвергаются механическому воздействию.

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

16.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Нефтегазопровод $\varnothing 273 \times 10$ №273X11 от ГЗУ№2 до ССУ-2камеры запуска СОД ООО «РН-Краснодарнефтегаз».

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><i>Определение напряженно-деформированного состояния отвода трубопровода. Изучение конструкции трубопровода, и его деталей. Аналитический расчет трубопроводов на прочность от действия внутреннего давления жидкости. Аналитический расчет гидравлического удара трубопровода, а также рассмотрение методов избегания гидравлического удара. Разработка и сравнительный анализ при помощи программы для ПК под названием ANSYS.</i></p>
--	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>

Раздел	Консультант

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>
--

<p>Введение</p>

<p>Общие сведения о конструкции трубопровода</p>

<p>Расчет трубопровода на прочность</p>
--

<p>Расчетная часть</p>

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ТПМ	Манабаев Кайрат Камитович	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4e21	Заборовский Айтал Иванович		

**«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Группа	ФИО
4E21	Заборовский Айтал Иванович

Институт	ИПР	Кафедра	ТПМ
Уровень образования	бакалавр	Направление	15.03.02 Технологические машины и оборудование, профиль: машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>SWOT-анализ проекта</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научно-исследовательских работ</i>	<i>Бюджет научно – технического исследования (НТИ)</i> <i>1. Основная заработная плата исполнителей темы</i> <i>2. Отчисления на социальные нужды</i> <i>3. Накладные расходы</i> <i>4. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>Матрица SWOT</i>	
2. <i>Календарный график проведения НИ</i>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель Кафедры менеджмента	Н.А.Гаврикова			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4E21	Заборовский Айтал Иванович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Е21	Заборовскому Айталу Ивановичу

Институт	ИПР	Кафедра	ТПМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	21.03.01 Нефтегазовое дело, профиль: машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Рабочее место – территория трубопровода</p> <p>Оборудование – отвод трубопровода;</p> <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - повышенный уровень шума на рабочем месте; - - повышенный уровень вибрации; <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> -пожароопасность; <p>Воздействие на окружающую среду:</p> <ul style="list-style-type: none"> -загрязнение гидросферы; -загрязнение литосферы; <p>Возникновение чрезвычайных ситуаций:</p> <ul style="list-style-type: none"> - заклинивание скребков – центраторов в колонне насосно – компрессорной трубе; - обрыв штанги при неправильном режиме работы скребков. - пожар при повреждении скребками стенок НКТ;
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация</p> <p>ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования</p> <p>ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>Физико-химическая природа вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - повышенные уровни шума; -повышенные уровни вибрации. <p>Действие факторов на организм человека:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ухудшение слуха; - влияние на нервную систему; - раздражение человека; - нарушение работы сердечно-сосудистой системы; - головные боли; - тошнота. <p>Средства индивидуальной защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - противошумные наушники; - противошумные вкладыши;
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> - вибродемпфирующие перчатки; - рукавицы, нагрудники, специальные костюмы.
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> - механические опасности (источники, средства защиты); - термические опасности (источники, средства защиты); - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>Источники вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - электродвигатель задвижки; <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - изолированная системы; - защитные сооружения; <p>Причины появления опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - несоблюдении инструкции ТБ;
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Защита селитебной зоны</p> <p>Работа по депарафинизации скважины производится непосредственно на месторождении вдали от населенных пунктов, вследствие этого никаких мер для защиты селитебной зоны предпринимать не нужно.</p> <p>Воздействие на литосферу</p> <ul style="list-style-type: none"> -отходы связанные с ремонтом фланцевых соединений. <p>Решения по обеспечению экологической безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - соблюдение инструкций при операциях по наливу и сливу смазочно-охлаждающих жидкостей; - Все работники должны быть обучены безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90; - применение индивидуальных средств защиты по типовым отраслевым нормам при работе с нефтепродуктами.
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Возможные ЧС на объекте:</p> <ul style="list-style-type: none"> -разрыв отвода трубопровода, то может привести к разливу нефти на большую территорию; <p>В случае возникновения данной аварийной ситуации необходимо действовать согласно инструкции, предписанной данному предприятию на случай возникновения ЧС.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»</p> <p>Допуск к работе имеют лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи</p>

	<p>пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.</p> <p>Действующая с 1 января 2014 г. редакция ТК РФ определяет, что работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, положены следующие гарантии и компенсации:</p> <p>1) сокращенная продолжительность рабочего времени с возможностью выплаты денежной компенсации за работу в пределах общеустановленной 40-часовой рабочей недели (ст. 92 ТК РФ);</p> <p>2) ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам с возможностью выплаты компенсации за часть такого отпуска, превышающую минимальную продолжительность (ст. 117 ТК РФ);</p> <p>3) повышенная оплата труда работников (ст. 147 ТК РФ).</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	30.04.2016г

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ ИНК НИ ТПУ	Невский Е.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е21	Заборовский Айтал Иванович		

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование
Профиль подготовки: Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов
Кафедра теоретической и прикладной механики
Период выполнения: весенний семестр 2016
Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

16 июня

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	<i>Раздел 1. Общие сведения конструкции трубопроводов, отводов и труб, а также исследуемого объекта.</i>	...
	<i>Раздел 2. Расчет трубопроводов на прочность. Теория и аналитический расчет трубопроводов на прочность от действия внутреннего давления жидкости. Аналитический расчет гидравлического удара трубопровода.</i>	...
	<i>Раздел 3. Расчетная часть. Расчет отвода трубопровода при гидравлическом ударе. Комплекс метода конечных элементов ANSYS</i>	
	<i>Раздел 4. Социально-экономическая часть.</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ТПМ	Манабаев К. К.	-		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПМ	Пашков Е.Н.			

Реферат

Данная выпускная бакалаврская работа включает в себя: страниц, 17 рисунков, 17 таблиц, 24 формулы, источников.

Объект исследования — работа по анализу напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций нефтегазопровода $\varnothing 273 \times 10$ №273X11 от ГЗУ №2 до ССУ-2камеры запуска СОД ООО «РН-Краснодарнефтегаз».

Цель и задачи работы: Определение напряженно-деформированного состояния (НДС) отвода трубопровода; изучение конструкции трубопровода и его деталей; аналитический расчет отвода при гидравлическом ударе; расчеты на прочность трубопровода; разработка и сравнительный анализ при помощи программного комплекса ANSYS.

В дипломной работе рассмотрены общие сведения о причинах возникновения напряженно-деформированного состояния отводов трубопровода в процессе эксплуатации, методах ликвидации причин их возникновения, расчеты крутоизогнутого отвода при гидравлическом ударе.

Выпускная работа представлена в текстовом редакторе Microsoft® Word 2010. Все данные приведены на компакт диске.

Ключевые слова: трубопровод, крутоизогнутый отвод трубопровода, гидравлический удар, напряженно-деформированное состояние (НДС), транспортировка нефтепродуктов, нефть, газ.

Содержание

Введение.....	
1. Общие сведения конструкции трубопровода.....	
1.1. Объект исследования нефтегазопровод $\varnothing 273 \times 10$ №273X11 от ГЗУ№2 до ССУ-2камеры запуска СОД ООО «РН-Краснодарнефтегаз».	
1.2. Трубы для промысловых трубопроводов.....	
1.3. Отводы для трубопровода $\varnothing 273 \times 10$ №273X11 от ГЗУ№2 до ССУ-2 камеры запуска СОД	
2. Расчет трубопроводов на прочность.....	
2.1. Теория и аналитический расчет трубопроводов на прочность от действия внутреннего давления жидкости	
2.2. Аналитический расчет гидравлического удара трубопровода	
3. Расчетная часть.....	
3.1. Расчет отвода трубопровода при гидравлическом ударе.....	
3.2. Комплекс метода конечных элементов ANSYS.....	
4. Социально-экономическая часть.....	
4.1. Анализ экономической эффективности.....	
4.1.1. SWOT-анализ.....	
4.1.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	
4.1.3. Разработка трафика проведения научного исследования.....	
4.1.4. Бюджет научно-технического исследования.....	
4.2. Социальная ответственность.....	
4.2.1. Описание рабочего места на предмет возникновения опасных и вредных факторов, вредного воздействия на окружающую среду.....	
4.2.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	
4.2.3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	
4.2.4. Охрана окружающей среды.....	

4.2.4.1. Региональная безопасность.....	
4.2.4.2. Защита в чрезвычайных ситуациях.....	
4.2.5. Общие требования промышленной безопасности и охраны труда...	
Заключение.....	
Список использованной литературы.....	

Введение.

Роль трубопроводного транспорта в системе нефтегазовой отрасли промышленности чрезвычайно высока. Он является основным и одним из дешевых видов транспорта нефти от мест добычи на нефтеперерабатывающие заводы и экспорт. Трубопровод состоит из соединительных деталей, применяемых при их строительстве различного назначения, применяемые при поворотах, изгибах, наклонах, отводах, изменению диаметра трубы и в случае временного неиспользования трубопровода. Одним из этих деталей является, отвод трубопровода.

Отвод — соединительная часть двух труб, которые направлены в разные стороны. Предназначены для изменения потока жидкости или газа в трубопроводе.

Целью бакалаврской работы является определение напряженно-деформированного состояния отвода трубопровода.

Поставленная цель предопределила постановку следующих задач:

1. Изучить конструкцию трубопровода, и его деталей.
2. Сделать аналитический расчет трубопроводов на прочность от действия внутреннего давления жидкости.
3. Аналитический расчет гидравлического удара трубопровода, а также рассмотрение методов избегания гидравлического удара.
4. Разработка и сравнительный анализ при помощи программы для ПК под названием ANSYS.

Объектом исследования является нефтегазопровод $\varnothing 273 \times 10$ №273X11 от ГЗУ №2 до ССУ-2камеры запуска СОД ООО «РН-Краснодарнефтегаз».

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ.

Трубопроводами называются устройства, которые служат для транспортирования жидких, газообразных и сыпучих веществ. Трубопроводы состоят из соединенных между собой участков труб, деталей трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры, контрольно-измерительных приборов, средств автоматики, опор и подвесок, крепежных материалов (болтов, шпилек, гаек), прокладок и уплотнений.

Технологическими трубопроводами называются такие трубопроводы промышленных предприятий, по которым транспортируется сырье, полуфабрикаты и готовые продукты, пар, вода, топливо, реагенты и другие материалы, обеспечивающие ведение технологического процесса и эксплуатацию оборудования; отработанные реагенты и газы, различные промежуточные продукты, полученные и использованные в технологическом процессе.

В проектной документации и технической литературе приняты следующие названия отдельных составляющих трубопровода:

- Линия — участок трубопровода, соединяющий между собой аппараты, установки, цехи и другие линии с аппаратами, установками, цехами.
- Узел — часть линии трубопровода, состоящая из нескольких элементов, собранных между собой на разъёмных и неразъёмных соединениях.
- Узлы подразделяются на:
 - — плоские, состоящие из нескольких элементов, расположенных в одной плоскости.
 - — пространственные, состоящие из нескольких элементов, расположенных в двух и более плоскостях.
- Элемент — часть узла трубопровода, подлежащая самостоятельному изготовлению; она состоит из гнутых участков или прямых отрезков труб и деталей, все стыки которых выполнены с помощью автоматической сварки.

- Деталь — элементарная часть узла трубопровода, не имеющая соединений, например, отвод, фланец, отрезок трубы, тройник, заглушка, переход, а также отдельные изделия, входящие в конструкцию трубопровода — метизы, компенсаторы, арматура, опоры, подвески и другие.
- Блок — линия или часть линии трубопровода, состоящая из узлов, собранных на разъемных и неразъемных соединениях. Укрупнение узлов в блоки производят перед монтажом.
- Секция — одноосный узел, состоящий из нескольких сваренных между собой труб одного диаметра, ось которых составляет одну прямую линию.
- Плеть — несколько сваренных между собой секций (сварка секций в плеть производится на месте прокладки трубопровода).

Сложность и трудоемкость изготовления и монтажа технологических трубопроводов определяются:

— характером транспортируемых сред и продуктов (вода, пар, нефть, нефтепродукты, газ и другие);

— разнообразием рабочих условий: температура от $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше и давление от вакуума — 35 мм рт. ст. до 1800 кгс/см^2 и выше;

— расположением трубопроводов: в траншеях, каналах, лотках на стойках, эстакадах, этажерках, на технологическом оборудовании, а также на разных высотах и часто в условиях, неудобных для производства работ;

— сложностью конфигурации обвязки аппаратов и оборудования, большим количеством разъемных и неразъемных соединений, трубопроводной арматуры, деталей, компенсаторов, контрольно-измерительных приборов, средств автоматики и опорных конструкций.

В зависимости от назначения, условий работы и требований к коррозионной стойкости трубопроводы выполняют из различных материалов: углеродистой и легированной сталей, чугуна, биметаллов, цветных металлов и их сплавов, неметаллических материалов, а также из стальных труб с внутренним покрытием полиэтиленом, винипластом, стеклом, резиной, эмалью.

1.1. Объект исследования нефтегазопровод $\varnothing 273 \times 10$ №273X11 от ГЗУ№2 до ССУ-2камеры запуска СОД ООО «РН-Краснодарнефтегаз».

На базе кафедры ТПМ НИ ТПУ в 2013 году выполнялась работа по оценке НДС $\varnothing 273 \times 10$ №273X11 от ГЗУ№2 до ССУ-2камеры запуска СОД ООО «РН-Краснодарнефтегаз»

На месторождении под действием гидроудара произошло смещение линии трубопровода. Геометрия линии до аварии и после известна. Были поставлены следующие задачи:

1. Построить модель линии трубопровода $\varnothing 273 \times 10$ №273X11 от ГЗУ№2 до ССУ-2камеры запуска СОД ООО «РН-Краснодарнефтегаз».
2. Смоделировать задачу в программном комплексе метода конечных элементов ANSYS.
3. По заданным перемещениям контрольных точек трубопровода определить НДС линии.

Описание трубопровода:

Таблица 1. Техническая характеристика и параметры.

Наименование частей сосуда		Корпус
Рабочее давление, МПа (кгс/см ²)		8,0/(80,0)
Расчетное давление, МПа (кгс/см ²)		8,0/(80,0)
Пробное давление испытания, МПа (кгс/см ²)	гидравлического	12,0/(120)
	пневматического	-
Рабочая температура среды, °С		от -20 до +80
Расчетная температура стенки, °С		80
Минимально допустимая отрицательная температуру стенки, °С		-60
Наименование рабочей среды		Сырая нефть
Характеристика рабочей среды	Класс опасности по ГОСТ 12.1.007	IV
	Категория взрывоопасности смеси по ГОСТ Р 51330.11-99	11А
	Категория пожароопасности смеси по ГОСТ Р 51330.11-99	Т3
Прибавка для компенсации коррозии (эрозии), мм		2
Вместимость, куб. м		1,0
Масса пустого сосуда *, кг		-
Максимальная масса заливаемой среды *, кг		-
Расчетный (назначенный) срок службы сосуда, лет		30

* Для сосудов со сжиженными газами;

Таблица 2. Сведения об основных частях сосуда.

Наименование частей сосуда (обечайка, днище, решетка, трубы, рубашка)	Количество, шт.	Размеры, мм			Основной металл	
		Диаметр (внутренний или наружный), мм	Толщина стенки, мм	Длина (высота), мм	Марка	ГОСТ (ТУ)
1. Корпус	1	-	-	-	-	-
1.1. Обечайка	1	325	14,0	4580	09Г2С	ГОСТ 19281-89
1.2. Переход	1	325	14,0	195	09Г2С	ГОСТ 19281-89
1.3. Обечайка	1	273	14,0	2350	09Г2С	ГОСТ 19281-89
1.4. Фланец корпуса	1	373	-	127	09Г2С	ГОСТ 19281-89
2. Хомут	1	-	-	-	-	-
2.1. Кольцо	1	425	-	72	09Г2С	ГОСТ 19281-89
2.2. Петли	2	-	40	-	09Г2С-8	ГОСТ 5520-79
2.3. Ребро	1	-	14	-	09Г2С-8	ГОСТ 5520-79
3. Крышка	1	-	-	-	-	-
3.1. Фланец крышки	1	378	-	100	09Г2С	ГОСТ 19281-89
3.2. Днище	1	325	12	106	09Г2С-8	ГОСТ 5520-79
4. Затвор концевой Ду 150	-	-	-	-	-	-
4.1. Хомут	1	245	-	54	09Г2С	ГОСТ 19281-89
4.2. Щеки	4	-	8	-	09Г2С-8	ГОСТ 5520-79
4.3. Ушко	2	-	36	-	09Г2С-8	ГОСТ 5520-79
4.4. Крышка	1	205	-	24	09Г2С	ГОСТ 19281-89

Таблица 3. Данные о штуцерах, фланцах, крышках и крепежных изделиях.

Наименование	Количество, шт.	Размеры (мм) или номер по спецификации	Материал	
			Марка стали	ГОСТ (ТУ)
Патрубок входа продукта	1	ø273x12,0	09Г2С	ГОСТ 19281
Патрубок выхода продукта	1	ø114x12,0	09Г2С	ГОСТ 19281
Патрубок дренажа	1	Ø57x12,0	09Г2С	ГОСТ 19281
Втулка	1	Ø24x8,0	09Г2С	ГОСТ 5520
Штуцер	1	M16x1,5	20ХН3А	ГОСТ 15763
Штуцер	1	M20x1,5	Ст.35	ГОСТ 15763
Гайка	16	M27-7H	20ХН3А	СТП 26.260.2043-04
Шпилька	8	1M27-8g x 170	20ХН3А	СТП 26.260.2043-04

Таблица 4. Данные о предохранительных устройствах, основной арматуре, контрольно-измерительных приборах, приборах безопасности.

Наименование	Количество, шт.	Место установки	Условный проход, мм	Условное давление, МПа (кгс/см ²)	Материал корпуса	
					Марка	ГОСТ (ТУ)
Манометр	1	Камера запуска	-	16,0	Смотри паспорт на манометр	
Кран шаровой	1	Камера запуска	50	10,0	Смотри паспорт на кран шаровой	

1.2. Трубы для промышленных трубопроводов.

Перед нефтегазодобывающей промышленностью стоят задачи улучшения использования природных ресурсов при разработке нефтяных и газовых месторождений с повышенными требованиями к охране окружающей среды.

Ежегодно по нефтегазопромышленным трубопроводам отрасли перекачиваются сотни миллионов кубометров нефти и технологических жидкостей, содержащих в больших количествах коррозионноактивные компоненты. Из-за высокой агрессивности транспортируемых сред сроки службы промышленных трубопроводов значительно ниже нормативных. Применение ингибиторов в коррозии, как показала практика, приводит к незначительному увеличению срока службы нефтепромышленных трубопроводов. До настоящего времени промышленность Российской Федерации не производит в требуемых объемах трубы нефтяного сортамента в коррозионностойком исполнении и оборудование с защитным покрытием.

По этой причине нефтегазопромышленные объекты продолжают, в основном, обустраивать с использованием обычных труб и оборудования из металлов без покрытия.

Разрушение нефтегазопромышленных трубопроводов обусловлено недостаточной несущей способностью конструкции труб и их соединений. Причины разрушений связаны с такими факторами, как:

- заводские дефекты труб — металлургические дефекты (слоистость стенок труб, закаты, неметаллические включения, плены); использование сталей с нерасчетными характеристиками прочности, пластичности, вязкости;
- отклонение геометрических параметров;
- дефекты заводских сварных швов и соединений труб, выполненных в базовых и трассовых условиях (непровары, смещение кромок,

шлаковые включения, ослабления околошовных зон основного металла, трещины);

- механические повреждения труб при транспортировке, строительстве и эксплуатации — вмятины. Царапины, задиры, приварка «заплат», различного рода крепежных элементов, утонение концевых участков труб при перетаскивании их волоком, сквозные повреждения, гофры;
- перенапряжение труб, обусловленное нарушениями требований проекта и ошибками проектных решений: дополнительное к проектному искривление трубопровода в вертикальной и горизонтальной плоскостях вплоть до образования гофр; принятие в проектах недостаточно обоснованных конструкций; недоучет продольных, напряжений в трубах и продольных перемещений и т.п.;
- перенапряжение труб в результате действия неучтенных напозающих грунтов при укладке труб в тело оползней, размыв подводных трубопроводов, колебания размывших участков под воздействием потока и т.п.;
- коррозия труб, приводящая к образования различных выемок, каверн, свищей в стенке, к уменьшению ее толщины.

Производство труб для трубопроводов.

Трубы должны отвечать требованиям, изложенным в Государственных стандартах, ГОСТах. В тех случаях, когда характеристики труб, предназначенных не для массового использования, отличаются от стандартных, требования к таким трубам устанавливаются Техническими Условиями, ТУ.

Изготовление труб подразделяется на такие способы:

- Сварные. Металлические трубы обычно делают сварными. При этом либо лист сворачивают так, что шов идёт вдоль трубы («прямошовная труба»), либо навивают ленту по спирали

(«спиралешовная труба»). Современные технологии позволяют заметно усилить прочность шва стальной трубы — его прочность всего на 10—15 % меньше прочности остальной её части.

- Прокатные. Бесшовные трубы получают прокаткой слитка на специальном оборудовании, создающем отверстие по центру. Бесшовные трубы используют там, где нужна повышенная прочность и надёжность (например, для газовых баллонов, в нефтяной отрасли и так далее). Медные трубы для водопровода и газа бесшовные в силу технологии.
- Высверливание. Можно также изготавливать трубы, просверливая отверстие в цилиндрической заготовке. При этом способе значительная часть металла превращается в стружку, поэтому его используют не для труб как таковых, а только для деталей разных машин и механизмов (в том числе для оружейных стволов).
- Фальцовка обжатием. Одним из современных способов изготовления трубы является формирование трубчатого сечения с продольным фальцевым швом.
- Литье. Трубы можно изготавливать и литьём. Материал заливают либо в форму с центральным стержнем, либо в быстро вращающуюся пустотелую форму.
- Экструзия — технология получения изделий путём продавливания вязкого расплава материала или густой пасты через формующее отверстие. Пластмассовые трубы чаще всего получают экструзией.

Размерные характеристики труб.

Одна из главных размерных характеристик металлических труб — это их диаметр.

Их классификация по данному параметру, а также толщине стенок, дает возможность осуществлять проектные расчеты для транспортирования по трубопроводу того либо иного типа вещества.

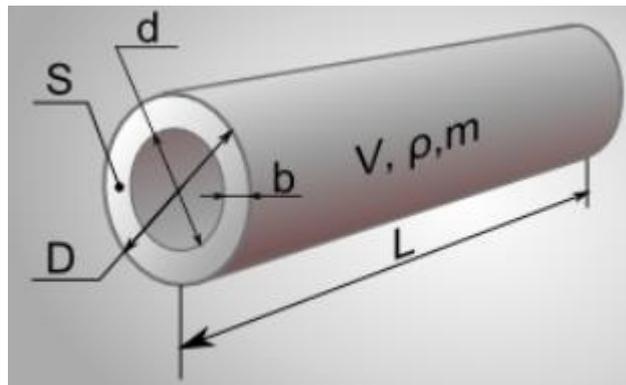


Рис. 1. Основные размеры трубы.

На рис. 1 показаны основные размерные характеристики трубы, такие как:

D — наружный диаметр трубы;

d — внутренний диаметр трубы:

$$d = D - 2 \cdot b, \quad (1)$$

L — длина трубы;

b — толщина стенки трубы;

S — площадь поперечного сечения трубы:

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2), \quad (2)$$

где $\pi = 3,14$;

V — объем трубы;

ρ — плотность материала трубы;

m — масса трубы:

$$m = V \cdot \rho, \quad (3)$$

Размер труб регламентируются стандартами.

Нормативно-технические документы, стандарты.

— Сортаменты:

ГОСТ 8732-78 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные;

ГОСТ 8734-75 Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные;

ГОСТ 22689.1-89 Трубы полиэтиленовые канализационные и фасонные части к ним.

— Технические условия:

ГОСТ 1839-80 Трубы и муфты асбестоцементные для безнапорных трубопроводов. Технические условия (ТУ);

ГОСТ 3262-75 Трубы стальные водогазопроводные. ТУ;

ГОСТ 6942-98 Трубы чугунные канализационные и фасонные части к ним. ТУ;

ГОСТ 8411-74 Трубы керамические дренажные. ТУ;

ГОСТ 8731-74 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические требования (ТТ);

ГОСТ 8733-74 Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные и теплодеформированные. ТТ;

ГОСТ 10706-76 Трубы стальные электросварные прямошовные. ТТ;

ГОСТ 11068-81 Трубы электросварные из коррозионно-стойкой стали. ТУ;

ГОСТ 12586.0-83 Трубы железобетонные напорные виброгидропрессованные. ТУ;

ГОСТ 18599-2001 Трубы напорные из полиэтилена. ТУ;

ГОСТ 22689.0-89 Трубы полиэтиленовые канализационные и фасонные части к ним. Общие технические условия;

ГОСТ 22689.2-89 Трубы полиэтиленовые канализационные и фасонные части к ним. Конструкция

ГОСТ 30732-2006 Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке. ТУ;

ГОСТ 52318-2005 Трубы медные круглого сечения для воды и газа. ТУ;

ГОСТ Р 52134-2003 Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия;

ГОСТ 31416-2009 Трубы и муфты хризотилцементные.

— Своды правил:

СП 40-102-2000 Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов

СП 40-103-98 Проектирование и монтаж трубопроводов систем холодного и горячего внутреннего водоснабжения с использованием металлополимерных труб;

СП 40-101-96 Проектирование и монтаж трубопроводов из полипропилена «рандом сополимер»;

СП 40-107-2003 Проектирование, монтаж и эксплуатация систем внутренней канализации из полипропиленовых труб;

СП 41-102-98 Проектирование и монтаж трубопроводов систем отопления с использованием металлополимерных труб.

Материалы, применяемые для изготовления трубопроводов.

Материалы, которые используются для изготовления труб, должны удовлетворять строительным, технологическим и экономическим требованиям.

Строительные требования заключаются в обеспечении прочности и долговечности конструкций и возможности индустриализации строительства.

Технологические – в обеспечении водонепроницаемости и максимальной пропускной способности труб, а также исключении их истирания и коррозии.

Экономические – в обеспечении минимальной стоимости строительства и расходовании минимального количества дефицитных материалов.

Изложенным требованиям удовлетворяют керамические, асбестоцементные, бетонные, железобетонные, пластмассовые трубы и коллекторы. Кроме них, для строительства водоотводящих сетей используют также стеклянные, деревянные, фанерные и др. трубы.

Так как большинство водоотводящих сетей являются самотечными, то для строительства применяют в основном безнапорные исполнения труб.

Исключения составляют трубы для напорных ниток от насосных станций и дюкеров, которые могут выполняться также из стали или чугуна.

Выбор материала напрямую зависит от следующих факторов:

- Предположительного состава наполнения труб (агрессивности жидкости, состава воды, газа, учета содержания абразивов);
- Температура среды (внутри трубопровода и снаружи). А от крайней положительной температуры зависит долговечность изделия, поэтому это очень важно учитывать.
- Прочность;
- Необходимая толщина стенки (зависит от значения рабочего давления);
- Давление (для агрессивных жидкостей номинальное давление должно быть намного выше рабочего).

Керамические канализационные трубы выпускаются по ГОСТ 282–82 диаметром 150–600 мм и длиной 1...1,5 м. Для уменьшения шероховатости и водопроницаемости эти трубы покрывают глазурью. Керамические трубы используют в основном для загрязненных стоков, так как они дороже бетонных и асбестоцементных.

Достоинства – устойчивость к агрессивным средам и гладкость. Главным недостатком этого вида труб является их хрупкость, поэтому при транспортировании и укладке в траншею требуется соблюдать особую осторожность.

Трубы высокопрочные чугунные с шаровидным графитом (ВЧШГ) выпускаются согласно ТУ 1461-037-50254094-2000.

К основным преимуществам относится долговечность (80-100 лет), малая истираемость, не зарастают, не корродируют.

К основным недостаткам относится дороговизна труб.

Железобетонные безнапорные трубы изготавливаются по ГОСТ 6382.0–79 или ГОСТ 6482.1–79 диаметром 400–2400 мм и длиной от 2,5 до 5 м. Как и бетонные, эти трубы могут быть раструбные и фальцевые, круглые или с

плоской подошвой. В зависимости от прочности трубы подразделяют на нормальной и повышенной прочности.

Важными достоинствами железобетонных труб является их высокая прочность, сохранение пропускной способности в течение всего периода эксплуатации, прогрессивные способы изготовления. Недостатки – сравнительно большой вес и возможность повреждения арматуры блуждающими токами.

Асбестоцементные трубы (безнапорные) изготавливаются по ГОСТ 1839–80 диаметром 100–400 мм и длиной 2,95 и 3,95 м.

К преимуществам асбестоцементных труб относится их небольшая стоимость, небольшой вес и незначительная теплопроводность. Они легко распиливаются, не обрастают отложениями и имеют очень гладкую внутреннюю поверхность. Но в то же время эти трубы очень хрупки и легко истираются песком, содержащимся в стоках.

Пластиковые трубы.

Поливинилхлоридные трубы (трубы ПВХ) изготавливаются по ТУ-6-19-307-86, диаметрами 63 до 500мм.

Достоинства — герметичное соединение, легкий монтаж, не подвержены зарастанию, устойчивы к коррозии.

Недостаток — хрупкость.

Металлические трубы.

Для металлических труб используются различные материалы, в зависимости от условий эксплуатации (от черных металлов до легированных, в том числе и нержавеющей сталь, чугун и даже цветные металлы).

Изготовление стали, как и производство труб из нее – очень сложный и длительный процесс. Нержавеющая сталь широко применяется для изготовления металлической трубы. Виды стальных труб:

- Котельные стальные;
- Бесшовные металлические трубы;
- Трубы, изготовленные с помощью электросварки;

- профильные и другие.

Так как металл подвержен негативному воздействию химических элементов, трубы могут подвергаться дополнительным обработкам.

Антикоррозийная обработка стальной трубы производится для улучшения свойств металлов, методом покрытия металлической трубы пластмассой, бетоном или антикоррозийными лакокрасочными покрытиями.

Стальные трубы используются в трубопроводных системах, больше, чем наполовину, вытеснив все остальные.

Основное достоинство таких труб - прочность, поэтому используются они чаще всего там, где эта прочность необходима и происходит движение высоконапорных сред по трубам. Например, для домашнего водопровода это не нужно. Ещё среди достоинств можно назвать пластичность и легкость монтажа.

Недостатки стальных труб:

Подверженность коррозии (из-за этого возникают повреждения, через которые уходит жидкость и образуется подсос грунтовых вод);

Отключение воды создает вакуумное разрежение;

Расположение рядом водопроводных и канализационных сетей способствуют утечке, кроме этого есть риск заражения грунта в водопроводные системы.

1.2. Отводы для трубопроводов $\varnothing 273 \times 10$ №273Х11 от ГЗУ№2 до ССУ-2 камеры запуска СОД

Одной из наиболее распространенных деталей трубопроводов являются отводы. Они предназначены для соединения сваркой встык труб одного диаметра, расположенных под углом, для изменении потока жидкости, газа или сыпучих веществ. По конструкции отводы подразделяются на крутоизогнутые и гнутые.

Крутоизогнутые отводы имеют малый радиус кривизны (1—1,5 условного диаметра), вследствие чего они имеют относительный небольшой вес и габариты. Они изготавливаются условным диаметром от 40 до 600 мм с углом 90° , 60° , 45° из углеродистой стали 20 и с условным диаметром от 50 до 300 мм из легированной стали Х5М, Х18Н10Т, Х5ВД, 12ХМФ и других на условное давление до 100 кгс/см^2 .

Область применения крутоизогнутых отводов определяется типом труб и маркой стали, из которой они изготовлены, а также способом выполнения.

Производство отводов для трубопроводов.

На специализированных заводах крутоизогнутые отводы изготавливают несколькими способами: горячей протяжкой и штамповкой из труб, штамповкой из листа с последующей сваркой продольного шва.

Способ изготовления отводов горячей протяжкой по сердечнику представляет собой оригинальный процесс горячей обработки металлов давлением.

На рис. 2 показана технологическая схема этого процесса. Мерные трубы-заготовки 5 подаются на штангу 4 гидравлического пресса. На переднем конце штанги укреплен основной инструмент — рогообразный сердечник 1 (по форме сердечник представляет собой рог—изогнутый конус с эксцентрично увеличивающимися диаметром).

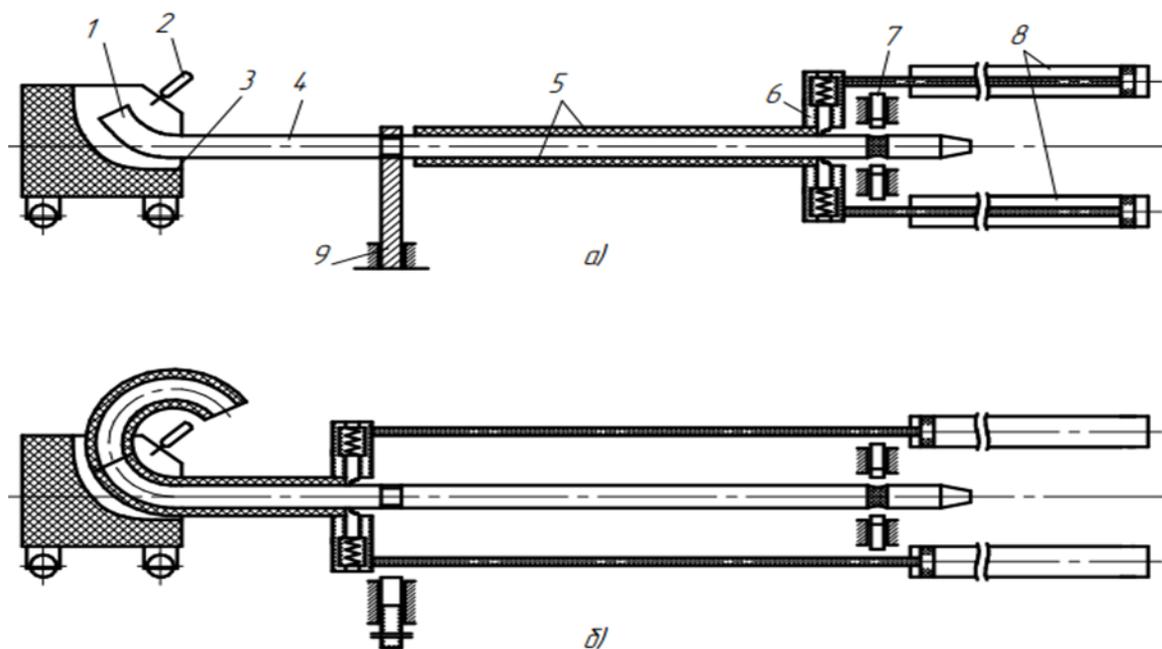


Рис. 2. Схема процесса изготовления отводов горячей протяжки по сердечнику:

- а) положение пресса в период загрузки труб-заготовок: 1—сердечник, 2—газовая горелка, 3—печь, 4—штанга, 5—трубы-заготовки, 6—захват, 7—силовой замок, 8—гидро-цилиндры пресса, 9—несиловой замок; б) положение пресса в период рабочего хода.

Штанга закреплена от продольного смещения открывающимися поочередно замками — силовым 7 и несиловым 9. Силовой замок в период загрузки труб-заготовок открыт, а несиловой замок закрыт. При рабочем ходе, наоборот, силовой замок закрыт, а несиловой — открыт. По штанге трубы-заготовки проталкиваются захватом 6 с помощью гидроцилиндров 8 пресса. При рабочем ходе пресса захват упирается в задний торец последней трубы-заготовки, которая в свою очередь передним торцом проталкивает предыдущие трубы-заготовки по сердечнику. Процесс протяжки происходит в печи 3 с местным нагревом газовыми горелками 2. В результате протяжки труб-заготовок по рогообразному сердечнику получают отводы 180° или отводы 90° с требуемым радиусом изгиба.

При протяжке по рогообразному сердечнику труба-заготовка получает значительные деформации. Например, при радиусе изгиба отвода, равном условному проходу ($R = D_y$), происходит увеличение диаметра трубы-заготовки на 50%, а при радиусе изгиба, равном 1,5 условного прохода — на 30%.

В настоящее время методом горячей протяжки изготавливают отводы с условным диаметром от 50 до 500 мм.

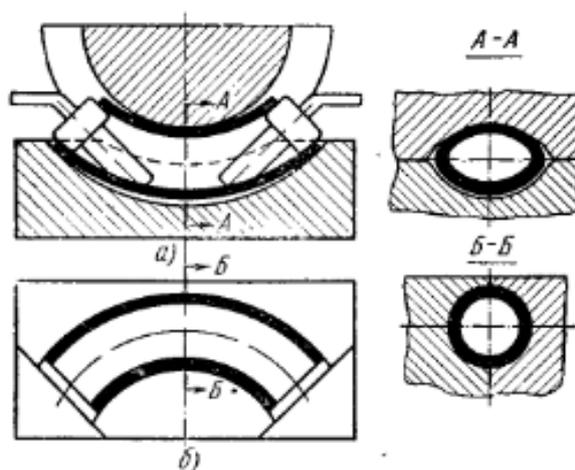


Рис. 3. Схема штамповки крутоизогнутых отводов:

а) гибочный ручей, б) формовочный ручей.

Технологический процесс изготовления отводов способом горячей протяжки по сердечнику выгодно отличается от получения отводов гнутьем. Он обеспечивает получение отводов с одинаковой толщиной стенки по сечению вне зависимости от радиуса изгиба отвода, возможность изготовления отводов с малыми радиусами изгиба и небольшой толщиной стенки (отношение $\frac{s}{D_H}$ до 0,016), высокую производительность и качество получаемых отводов и низкую себестоимость их изготовления, а также широкий диапазон типоразмеров изготавливаемых отводов.

Другим высокопроизводительным способом изготовления крутоизогнутых отводов, обеспечивающим их высокое качество, является

горячая штамповка на кривошипных или фрикционных прессах в двухручьевых штампах (рис. 3). Штамповкой изготавливают отводы с условным диаметром от 40 до 100 мм. Исходным материалом для изготовления является отрезок трубы, имеющий косые срезы по концам с диаметром на 6—8% больше, чем у изготавливаемого отвода. В первом гибочном ручье (рис. 3, а) происходит объемный изгиб и одновременно поперечному сечению заготовки придается форма овала. Этим достигается сохранение толщины стенки по сечению в пределах допуска при малых радиусах изгиба. Для уменьшения смятия торцов трубы-заготовки при изгибе и увеличения радиуса изгиба в средней зоне применяют внутренние оправки.

Во втором формовочном ручье (рис. 3, б) согнутую заготовку, повернутую на 90° относительно ее продольной оси, обжимают. При этом поперечному овальному сечению придается круглая форма и уменьшается первоначальный диаметр. Отводы с D_y , равным 50 и 70 мм, изготавливаются, кроме того, холодной штамповкой в одну операцию в одноручьевом штампе.

Штамповка отводов из листовой стали производится из двух половин на фрикционных прессах. Каждая половина отвода штампуется в одноручьевом штампе. После штамповки кромки обеих половин торцуют по линии разъема, а затем их собирают и автоматически сваривают два шва отвода на манипуляторе и окончательно обрабатывают торцы на полуавтоматах. В последнее время применяется штамповка отводов из листовой стали с одним швом. Технология изготовления штампованных отводов из листового проката пока еще имеет высокую трудоемкость, однако этот процесс представляет практический интерес, так как позволяет заменить более дефицитные трубы листовым прокатом. Особенно экономически эффективно изготовление штампованных отводов из высоколегированных сталей, так как вследствие ограниченности сортамента таких труб не всегда можно подобрать необходимый диаметр трубы-заготовки для изготовления отводов горячей штамповкой или протяжкой.

Гнутые отводы изготавливают из бесшовных и электросварных труб гнутьем на трубогибочных станках в холодном состоянии, горячим гнутьем на станках с нагревом токами высокой частоты и с набивкой песком. В целях уменьшения деформации стенки гнутые отводы изготавливают со сравнительно большим радиусом изгиба (R не менее $3 - 4 D_H$). Наличие у гнутых отводов на концах длинных прямых участков делает их вес весьма значительным. Гнутые отводы можно устанавливать на трубопроводах всех категорий.

Сравнительный технико-экономический анализ различных способов изготовления крутоизогнутых и гнутых отводов показывает, что наименее трудоемкими способами являются горячая протяжка и штамповка.

Гнутые отводы рекомендуется изготовлять лишь в тех случаях, когда нет крутоизогнутых отводов (например, для толстостенных труб и для труб из некоторых марок легированной стали), а также, когда по проекту требуется радиус изгиба больший, чем у крутоизогнутых отводов.

Конструкция и размеры отводов.

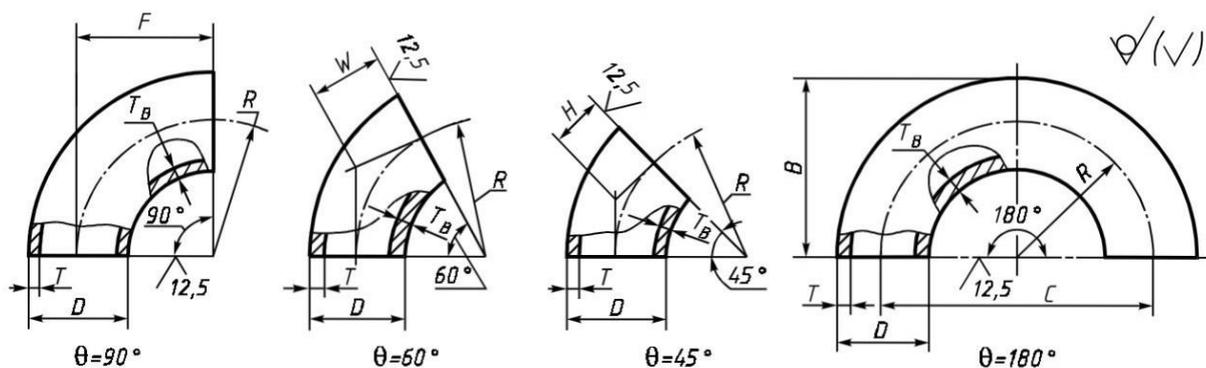


Рис. 4. Схема отводов.

D — наружный диаметр отвода;

T — толщина наружной стенки отвода;

$T_{в}$ — толщина внутренней стенки отвода;

R — радиус (чего?)

θ — углы изгиба.

Нормативно-технический документ.

ГОСТ 17375-83 Крутоизогнутые отводы.

Категории и материалы отводов.

Отводы являются основой трубопроводов, поскольку без них невозможно обойтись при прокладке новых трубных конструкций, либо во время монтажа технологических систем. Для соединения между собой инженерных сетей применяются самые разнообразные отводы. В целом, отводы можно поделить на следующие категории:

- Сварные;
- Стальные;
- Гнутые;
- Крутоизогнутые;
- Оцинкованные;
- Нержавеющие.

Отводы для трубопровода изготавливаются из стали различных марок, в зависимости от предназначения. Может быть задействована как углеродистая сталь, так и низколегированная, стойкая к коррозии, жаропрочная и жаростойкая. Производятся отводы при помощи горячей протяжки или холодной штамповки. Углы изгиба могут равняться 45, 60, 90 и 180 градусов

Стальные отводы практически универсальные, и их можно легко использовать с самыми различными средами (вода, масло, жиры, смеси, агрессивные и не агрессивные среды). Стальные отводы для трубопроводов активно применяются в промышленности, в том числе и в стратегически важных отраслях – энергетической, химической и нефтегазовой.

Гнутые отводы обычно изготавливаются из готовой водопроводной трубы, и используются для плавного изменения направления трубопровода. Они делятся на несколько категорий – крутоизогнутые и гнутые, но с прямыми

участками. Обычно используются для транспортировки неагрессивных сред с рабочей температурой не выше 175 градусов.

Крутоизогнутые отводы изготавливаются строго из бесшовных и сварных прямошовных труб, методами протяжки или горячей штамповки. Обычно такие изделия имеют небольшой радиус изгиба и углы поворота не выше 90 градусов. Благодаря этому компоновка трубопроводов значительно упрощается. Крутоизогнутые отводы могут использоваться при температурах рабочей среды до 450 градусов.

Отводы из нержавеющей стали являются самыми распространенными, и изготавливаются методом горячей протяжки. Угол поворота у них может достигать 180 градусов. При высоком давлении подобные отводы просто незаменимы. К тому же диапазон рабочей температуры у них достаточно широкий – от -70 до +450 градусов.

2. РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДА НА ПРОЧНОСТЬ.

Основной задачей инженерного расчета конструкции является получения гарантии того, что за время ее эксплуатации не наступит ни одно из допустимых предельных состояний.

Однако, как внешняя нагрузка, так и несущая способность находятся под влиянием большого количества разнообразных и сложным образом взаимодействующих причин и поэтому в той или иной мере носят изменчивый, случайный характер.

Под предельным понимается такое состояние конструкции при котором ее дальнейшая нормальная эксплуатация невозможна.

Различаются три вида предельных состояний:

а) первое предельное состояние — по несущей способности (прочности и устойчивости конструкций, усталости материала), при достижении которого конструкция теряет способность сопротивляться внешним воздействиям или получает также остаточные деформации, которые не допускают ее дальнейшую эксплуатацию.

б) второе предельное состояние — по развитию чрезмерных деформаций от статических и динамических нагрузок, при достижении которого в конструкции, сохраняющей прочность и устойчивость, появляются деформации или колебания, исключающие возможность дальнейшей эксплуатации.

в) третье предельное состояние — по образованию или раскрытию трещин, при достижении которого трещины в конструкции, сохраняющей прочность и устойчивость, появляются и раскрываются до такой величины, при которой дальнейшая эксплуатация становится невозможной вследствие потери требуемой водонепроницаемости, опасности коррозии или повреждения отделочного слоя.

Третье предельное состояние в расчетах трубопроводов не используется, так как эксплуатация трубопроводов при наличии в них трещин невозможна.

Возможность достижения того или иного предельного состояния конструкции зависит от многих факторов, из которых важнейшими являются:

- а) внешние нагрузки и другие воздействия;
- б) качество и механические свойства материалов, из которых изготовлена конструкция;
- в) общие условия работы конструкции, условия ее изготовления и т.п.

2.1. Теория и аналитический расчет трубопроводов на прочность от действия внутреннего давления жидкости.

При расчете на прочность трубопроводов принимаются следующие условия:

- прочность сварных швов равна прочности основному металлу трубы;
- толщина стенки трубы не изменяется, то есть защищена изоляцией и не подвергается коррозии;
- овальность труб не влияет на прочность трубы и в расчете не указывается.

Определение напряжений в трубопроводе.

При работе трубопровода под действием внутреннего давления жидкости или газа возникают три вида напряжений: продольные $\sigma_{\text{п}}$, кольцевые $\sigma_{\text{к}}$ и радиальные $\sigma_{\text{р}}$.

Основное условие обеспечения прочности трубопровода состоит в том, чтобы возникающие напряжения в металле труб не превышали допустимых напряжений.

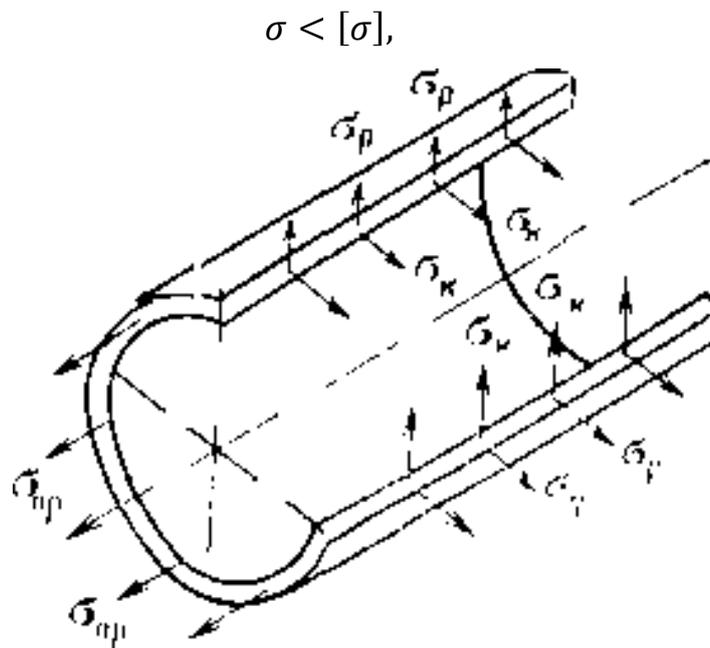


Рис. 5. Схема напряжений, возникающих в трубопроводе.

$$[\sigma] = k \cdot \sigma, \quad (4)$$

где σ — величина напряжений, [МПа] или [кгс/см²];

$[\sigma]$ — величина допустимых напряжений, [МПа] или [кгс/см²];

k — коэффициент, учитывающий запас прочности, принимается для линейной части трубопровода $k = 1,2$, для ответственных участков — дюкеров, переходов через железные и автомобильные дороги и другие преграды $k = 2$.

Кольцевые напряжения определяются по формуле:

$$\sigma_k = P \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{2} \cdot \delta, \quad (5)$$

где σ_k — кольцевые напряжения, [МПа] или [кгс/см²];

P — давление в трубопроводе, [МПа] или [кгс/см²];

$D_{\text{вн}}$ — внутренний диаметр трубы, [см];

δ — толщина стенки трубы, [см].

$$\sigma_k = 6,3 \cdot \frac{27,3}{2} \cdot 13 = 111,8 \text{ МПа.}$$

Осевые или продольные напряжения складываются из трех составляющих:

— напряжения от упругого изгиба;

— вторичных напряжений от внутреннего давления;

— термических напряжений.

Напряжения от упругого изгиба (на кривых участках, провисания между опорами при прокладке на участках, где невозможна подземная прокладка. И так далее) определяются по формуле:

$$\sigma_a = E \cdot \frac{D_{\text{вн}}}{2} \cdot \delta, \quad (6)$$

где σ_a — напряжения упругого изгиба в кг/см²;

E — модуль упругости металла, в расчете стальных конструкций принимается $E = 2,1 \cdot 10^6$;

$D_{\text{н}}$ — наружный диаметр трубы в см;

δ — толщина стенки трубы в см.

$$\sigma_a = 2,1 \cdot \frac{27,3}{2} \cdot 13 = 74,5 \text{ МПа.}$$

Если трубопровод не заземлен и может свободно перемещаться вдоль оси, то продольные напряжения определяются по формуле:

$$\sigma_{\Pi} = P \cdot \frac{D_H}{4} \cdot \delta = 6,3 \cdot \frac{27,3}{4} \cdot 13 = 55,9 \text{ МПа.}$$

Вторичные напряжения от внутреннего давления определяются по формуле:

$$\sigma_{\Pi} = \mu_1 \cdot \sigma_k = \mu_1 \cdot P \cdot \frac{D_H}{2} \cdot \delta, \quad (7)$$

где μ_1 — коэффициент Пуассона, в расчете стальных конструкций принимается $\mu_1 = 0,3$;

δ — толщина стенки трубы, см.

$$\sigma_{\Pi} = 0,3 \cdot 6,3 \cdot \frac{27,3}{2} \cdot 13 = 33,5 \text{ МПа.}$$

Термические напряжения при изменении температуры стенок трубопровода определяются по формуле:

$$\sigma_{\Pi} = -E \cdot \alpha \cdot \Delta t, \quad (8)$$

где E — модуль упругости металла;

α — коэффициент линейного расширения, в расчете стальных конструкций принимается $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ на 1°C ;

Δt — перепад температуры в трубопроводе во время перекачки.

Если подставить значения E и α в формулу и выполнить вычисление, то получится:

$$\sigma_{\Pi} = E \cdot \alpha \cdot \Delta t = 2,1 \cdot 10^6 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta t \approx 2,5 \cdot \Delta t, \quad (9)$$

Определение толщины стенок трубопровода.

Толщина стенок определяется по формуле:

$$\delta = P \cdot \frac{D_H}{2} \cdot \left(R_H \cdot k \cdot \frac{m}{n} + P \right), \quad (10)$$

где P — внутреннее давление в трубопроводе, кГ/см^2 ;

D_H — наружный диаметр трубопровода, см;

R_H — нормативное сопротивление материала, принимается для стали марки Ст.20—2200 кг/см², $k = 0,9$;

m — коэффициент, учитывающий условия работы трубопровода, при прокладке вне населенных пунктов принимается $m = 0,9$, при прокладке в населенных пунктах $m = 0,75—0,8$;

n — коэффициент, учитывающий перегрузки от возможного повышения эксплуатационного внутреннего давления, принимается $n = (1,1—1,2)$ в зависимости от условий работы трубопровода.

$$\delta = 6,3 \cdot \frac{27,3}{2} \cdot \left(2200 \cdot 0,9 \cdot \frac{0,8}{1,2} + 6,3 \right) = 0,13 \text{ см} = 13 \text{ мм.}$$

2.2. Аналитический расчет гидравлического удара трубопровода.

Гидравлическим ударом называется повышение давления, вызванное внезапным изменением скорости движения жидкости в напорном трубопроводе. То есть стационарное течение жидкости в трубопроводе нарушается путем резкого закрытия (или открытия) задвижки, включения (или отключения) насоса и т.д., в результате чего происходит резкое торможение (или ускорение) потока и ударное сжатие ее частиц.

В случае мгновенного перекрытия трубопровода, в котором движется жидкость со скоростью v возникает резкое повышение (заброс) давления, вызванное изменением скорости движения жидкости.

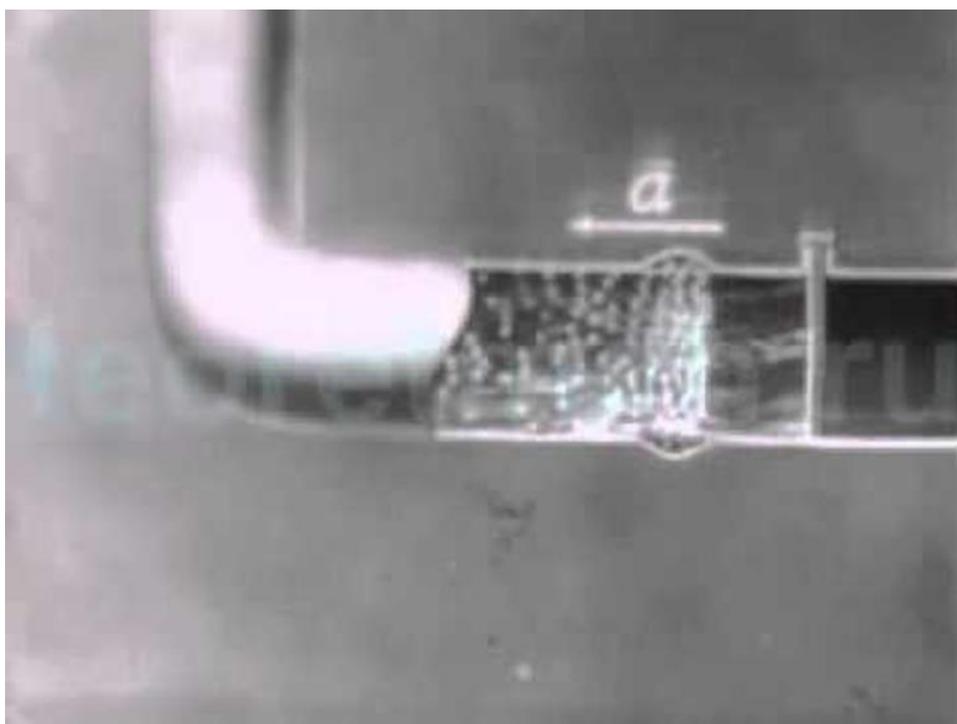


Рис. 6. Резкое повышение давления, при изменении скорости движения жидкости, после соприкосновения с резко закрытой задвижкой.

В момент удара движение слоя жидкости, непосредственно соприкасающегося с задвижкой, прекращается и его кинематическая энергия переходит в работу сжатия с мгновенным повышением (забросом) давления.

По мере остановки последующих слоев жидкости увеличение давления будет распространяться по трубопроводу в сторону от задвижки, создавая волну повышенного давления, называемую ударной волной.

Остановка и повышение давления передаются следующему слою, в результате чего рост давления распространяется вдоль всей трубы в виде волны со скоростью распространения звука в упругой среде.

При известном значении изменения (потери) скорости заброс давления может достигнуть разрушительной для компонентов гидросистемы величины. В результате нередко наблюдаются случаи разрушения трубопроводов при рабочих давлениях жидкости, которые в несколько раз меньше давлений, способных разрушить трубопровод в статических условиях.

Заброс давления при гидроударе может вызвать также нежелательные срабатывания различных агрегатов (клапанов разгрузки насосов, гидравлических замков и реле и др.) и привести к разрушению приборов.

Впервые правильное объяснение гидравлического удара дал наш великий соотечественник Н.Е. Жуковский в конце 19 века. Его исследования были выполнены на Московской водопроводной станции, а сама работа "О гидравлическом ударе в водопроводных трубах" (1899) стала классической работой, известной во всем мире. Н.Е. Жуковский впервые связал значение ударного давления Δp со свойствами сжимаемости жидкости и упругости стенок трубопровода. При этом были получены, проверены и рекомендованы к практическому использованию формулы для определения величины повышения давления Δp при гидравлическом ударе и формулы для определения скорости с распространения ударной волны:

$$\Delta P = \rho \cdot a \cdot v, \quad (11)$$

где ρ — плотность жидкости;

a — скорость распространения ударной волны;

v — средняя скорость движения жидкости в трубопроводе до гидроудара $v = 4$ м/с.

$$\Delta P = 1000 \cdot 101,98 \cdot 4 = 407920 \text{ Па} = 0,4 \text{ МПа.}$$

Скорость распространения ударной волны определяется по формуле:

$$a = \frac{\sqrt{\frac{E_0}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{E_0 \cdot d}{E \cdot \delta}}}, \quad (12)$$

где E_0 и E — модули упругости, соответственно жидкости и материала трубопровода;

d — внутренний диаметр трубопровода;

δ — толщина стенки трубопровода;

$E = 2 \cdot 10^6$ МПа — для стали;

$E_0 = 2,2 \cdot 10^3$ МПа — для воды

ρ — плотность жидкости, для воды равняется 1000 кг/м^3 .

$$1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 10^6 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}.$$

$$a = \frac{\sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^3 \cdot 10^6}{10^6}}}{\sqrt{1 + \frac{2,2 \cdot 10^3 \cdot 10^6 \cdot 25}{2 \cdot 10^6 \cdot 10^6 \cdot 0,13}}} = 101,98 \text{ м/с.}$$

Существует два типа удара:

- прямой удар;
- обратный удар.

Прямой удар возникает в том случае, когда время закрытия оказывается меньше фазы удара $t < \tau$, число фаз пробега n , меньше 1.

$$n = \frac{t}{\tau}, \quad (13)$$

$$n = \frac{0,02}{147} = 0,0001$$

При обратном соотношении этих величин происходит не прямой или неполный удар, при котором увеличение давления оказывается меньше, чем при прямом ударе, число фаз пробега n больше 1.

При непрямом гидроударе фронт ударной волны не только меняет направление своего движения на противоположное, но и частично проходит далее сквозь не до конца закрытую задвижку.

Если время t перекрытия трубопровода (закрытия задвижки) будет меньше значения так называемого периода трубопровода (фазы удара) τ , под которым понимается время пробега ударной волной двойной длины рассматриваемого участка трубопровода (от задвижки до напорного бака или иного источника расхода и обратно), т.е. если:

$$t < \tau = \frac{2L}{a}, \quad (14)$$

где L — длина участка трубопровода от задвижки до отвода (или наоборот), примем $L = 100$ м;

то гидравлический удар будет обуславливаться потерей всей скорости и заброс давления будет максимальным. Подобный удар называется полным или прямым.

$$\tau = \frac{2 \cdot 100}{1,36} = 147 \text{ с.}$$

При условии $t > \tau = \frac{2L}{a}$ повышение давления определится лишь той частью скорости v , которая будет потеряна за время, равное периоду трубопровода.

Необходимость считаться с разрушительной силой гидравлического удара в трубопроводах, транспортирующих капельные жидкости (нефть, нефтепродукты, воду и т.п.), выражается в том, что на подобных трубопроводах (в отличие от газопроводов) никогда не устанавливают краны, быстро перекрывающие сечение трубопровода, а наоборот, применяют вентильные задвижки, дающие медленное перекрытие сечения и обеспечивающие безопасную остановку потока жидкости. Минимальное время закрытия задвижки определится исходя из условия прочности трубопровода:

$$t = \frac{2 \cdot \rho \cdot v \cdot L}{P_{max} - P_0}, \quad (15)$$

где L — длина трубопровода;

v_0 — скорость потока до закрытия задвижки;

P_0 — давление до закрытия задвижки;

P_{max} — максимально допустимое давление, которое может выдержать трубопровод:

$$P_{max} = \frac{\delta \cdot [\sigma]}{r}, \quad (16)$$

где $[\sigma]$ — максимально допустимые напряжения для данного материала труб;

r — радиус внутренней поверхности трубы;

$$P_{max} = \frac{13 \cdot 410}{125} = 42,64 \text{ МПа.}$$

$$t = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 4 \cdot 100}{42,64 \cdot 10^6 - 6,3 \cdot 10^6} = 0,02.$$

Весьма эффективным средством снижения гидравлического удара является установка в напорной магистрали воздушного компенсатора, с помощью которого можно (при правильном выборе основных его размеров) снизить заброс давления при прямом ударе в сравнении с системой без такого компенсатора примерно в 5 — 6 раз. Более того, в ряде случаев на перекачивающих станциях применяют специальные устройства, призванные защитить трубопровод от последствий гидравлического удара. Например, на линиях всасывания перекачивающих станций устанавливают гасители гидравлического удара на случай, если станция внезапно отключится и давление перед ней начнет повышаться. Принцип действия гасителей гидравлического удара состоит в отводе части жидкости из трубопровода в специальный резервуар для снижения темпа нарастания давления. На линиях нагнетания перекачивающих станций устанавливают системы автоматического регулирования, одна из задач которых состоит в защите

станций от ударных волн давления, распространяющихся вверх по потоку и приходящих с предыдущего участка.

Фазы развития гидравлического удара.

1. *Заполнение трубы.* Под действием внешнего давления жидкость заполняет трубу, при этом в соответствии с законом Бернулли её давление несколько меньше давления неподвижной среды вне трубы.

2. *Встреча с препятствием.* Жёсткая заглушка внезапно останавливает поток, который ударяется в неё. Однако практически вся жидкость в трубе ещё продолжает своё движение вперёд.

3. *Рост зоны повышенного давления.* Головная часть потока остановилась, и её кинетическая энергия перешла в потенциальную энергию упругой деформации жидкости и стенок трубы, вызвав в этой области повышение давления. Но до «хвоста» потока это воздействие ещё не дошло, и там жидкость продолжает двигаться в прежнем направлении. Граница области повышенного давления (ударная волна) перемещается от заглушки ко входу трубы, при достаточной жёсткости трубы эта скорость практически равна скорости распространения упругих колебаний в среде, т.е. скорости звука в жидкости.

4. *Максимум повышенного давления.* Ударная волна достигла входа трубы и вышла в неподвижную среду. Поскольку внешняя среда неподвижна относительно стенок трубы, она уже не добавляет свою кинетическую энергию и не оказывает существенного сопротивления сжатой жидкости в трубе, и та начинает двигаться из зоны повышенного давления наружу. Кроме того, в свободной среде стенки трубы уже не ограничивают и не «фокусируют» ударную волну, так что она распространяется во все стороны, быстро теряя силу. Таким образом, достигнув входа трубы, ударная волна «рассеивается» и «гаснет». Более подробно этот момент рассмотрен ниже.

5. *Начало обратного движения.* Поскольку у входа в трубу давление относительно невысоко, сжатая жидкость двигается туда под действием повышенного давления внутри трубы. При этом потенциальная энергия

упругой деформации снова превращается в кинетическую энергию, но движение уже направлено в обратную сторону. В результате граница зоны неподвижной жидкости под повышенным давлением перемещается от входа в трубу обратно к заглушке, оставляя у входа зону немного пониженного давления, в которой жидкость движется обратно ко входу трубы. Скорость перемещения этой границы в случае достаточно жёсткой трубы также равна скорости распространения упругих деформаций в среде, т.е. скорости звука в жидкости, однако перепад давления на границе не такой резкий, как при распространении ударной волны — зона границы существенно шире. Причиной этого являются особенности процесса рассеивания ударной волны у входа в трубу на предыдущей фазе.

6. *Окончание сжатия.* В момент, когда граница зоны пониженного давления достигает заглушки, во всей трубе жидкость снова испытывает пониженное давление и движется обратно ко входу со скоростью, равной скорости потока в трубе в фазе 2.

7. *Фаза разрежения (отрыва).* Двигаясь в сторону входа трубы, жидкость в силу инерции стремится оторваться от заглушки. Поэтому, если гидроудар был достаточно сильным, то возле заглушки образуется зона разрежения, где жидкость отсутствует и давление близко к нулю (именно вакуум, а не атмосферное давление). Однако жидкость, выходящая из трубы, движется не в пустоту, а в среду, представляющую собой ту же жидкость, только неподвижную. Сопротивление этой среды достаточно быстро затормозит движение жидкости к выходу и вместе с зоной разрежения возле заглушки вновь заставит жидкость двигаться от входа внутрь трубы, тем самым повторяя фазу 1 (естественно, уже с меньшей энергией, потери которой, как всегда, неизбежны).

3. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.

Данный раздел посвящен анализу напряженно-деформированного состояния конструкции (НДС) трубопровода камеры запуска СОД. Входными данными к расчету служили смещения участков трубопровода в местах крепления к опорам, полученные в результате визуального и измерительного контроля (сослаться на смещения, сантиметраж).

Работа проводилась с использованием программного комплекса метода конечных элементов ANSYS и имеет приближенные решения, зависящие от полноты входных параметров и постановки решения конкретной расчетной модели.

Исходные данные.

Для расчетов, был взят, по ГОСТу 17375-83, отвод со следующими параметрами:

Условный диаметр: $D_y = 250$ мм;

Наружный диаметр: $D_n = 273$ мм;

$L_1 = R = 375$ мм;

$L_2 = 217$ мм;

$L_3 = 155$ мм;

$S = 10$ мм;

Условное давление P_y транспортируемых веществ:

— неагрессивные: $P_y = 10,0$ МПа;

— среднеагрессивные: $P_y = 6,3$ МПа;

— пар и горячая вода: $P_y = 6,3$ МПа;

Масса отвода: $m = 39,4$ кг;

3.1. Расчет отвода на гидроудар трубопровода $\varnothing 273 \times 10$ №273X11 от ГЗУ №2 до ССУ-2камеры запуска СОД.

Расчет проводился, при полученном значении нагрузки из главы 2.2., равной 42,64 МПа. Материал испытуемого образца Сталь 20, который имеет следующие механические свойства:

Предел прочности: $\sigma_B = 410$ МПа;

Предел текучести: $\sigma_T = 350$ МПа.

Был построен, с помощью программных комплексов КОМПАС V16 и SOLIDWORKS модель отвода трубопровода $\varnothing 273 \times 10$ №273X11 от ГЗУ №2 до ССУ-2камеры запуска СОД; проведены статический расчет на гидроудар, приведены поля напряжений, перемещений и деформаций.

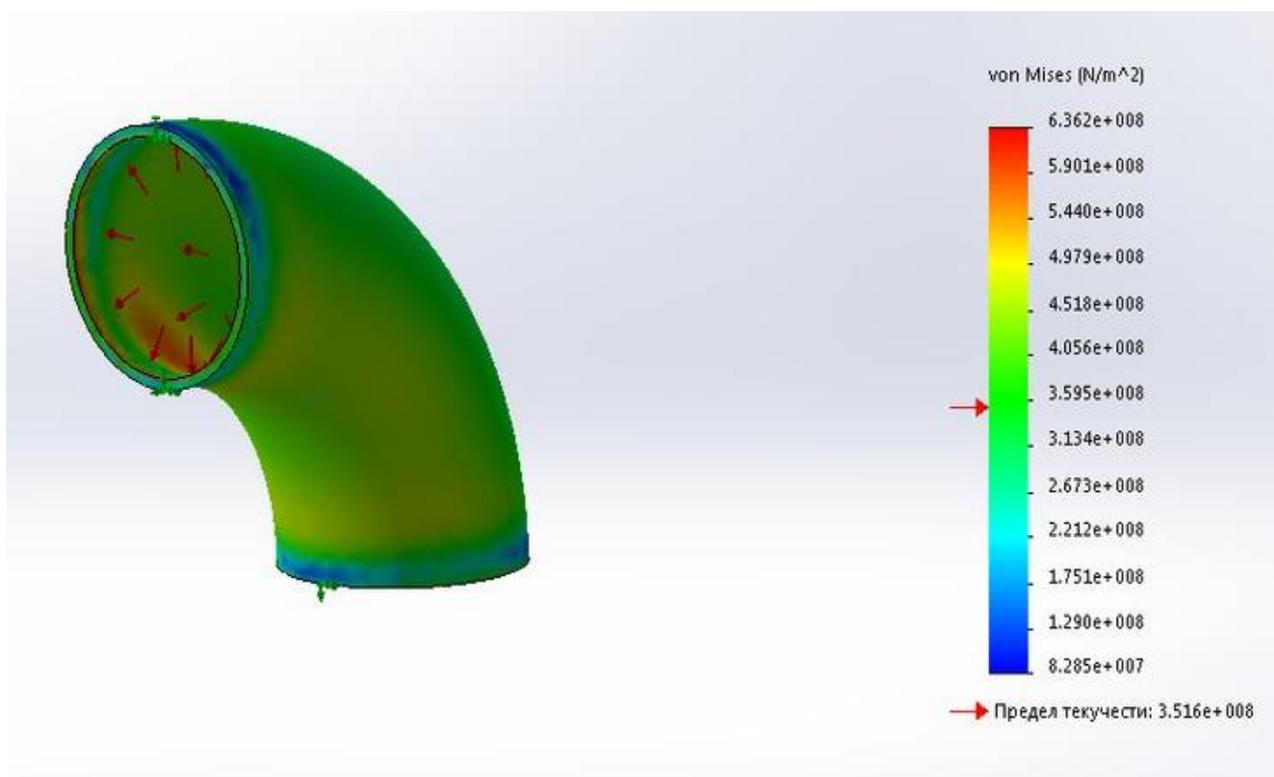


Рис. 7. Статический анализ отвода без приложения нагрузки.

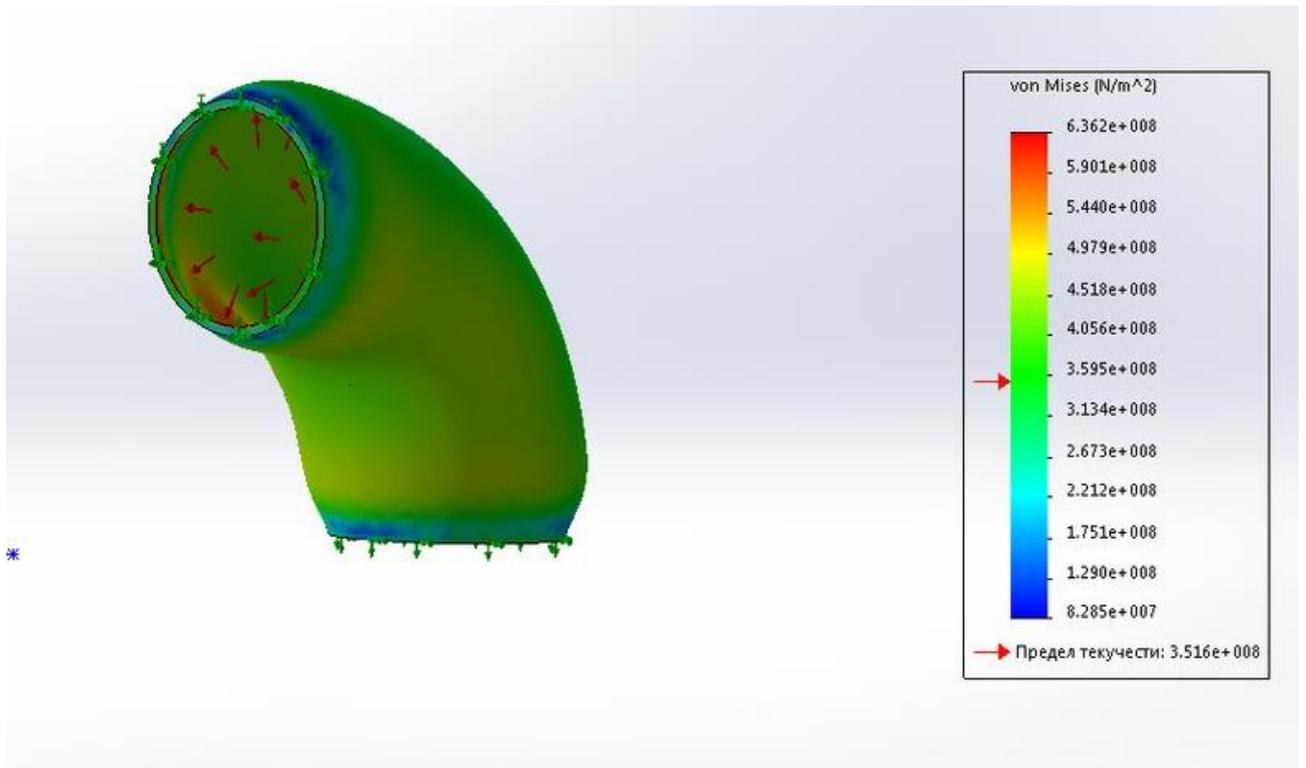


Рис. 8. Статический анализ отвода на поля напряжений.

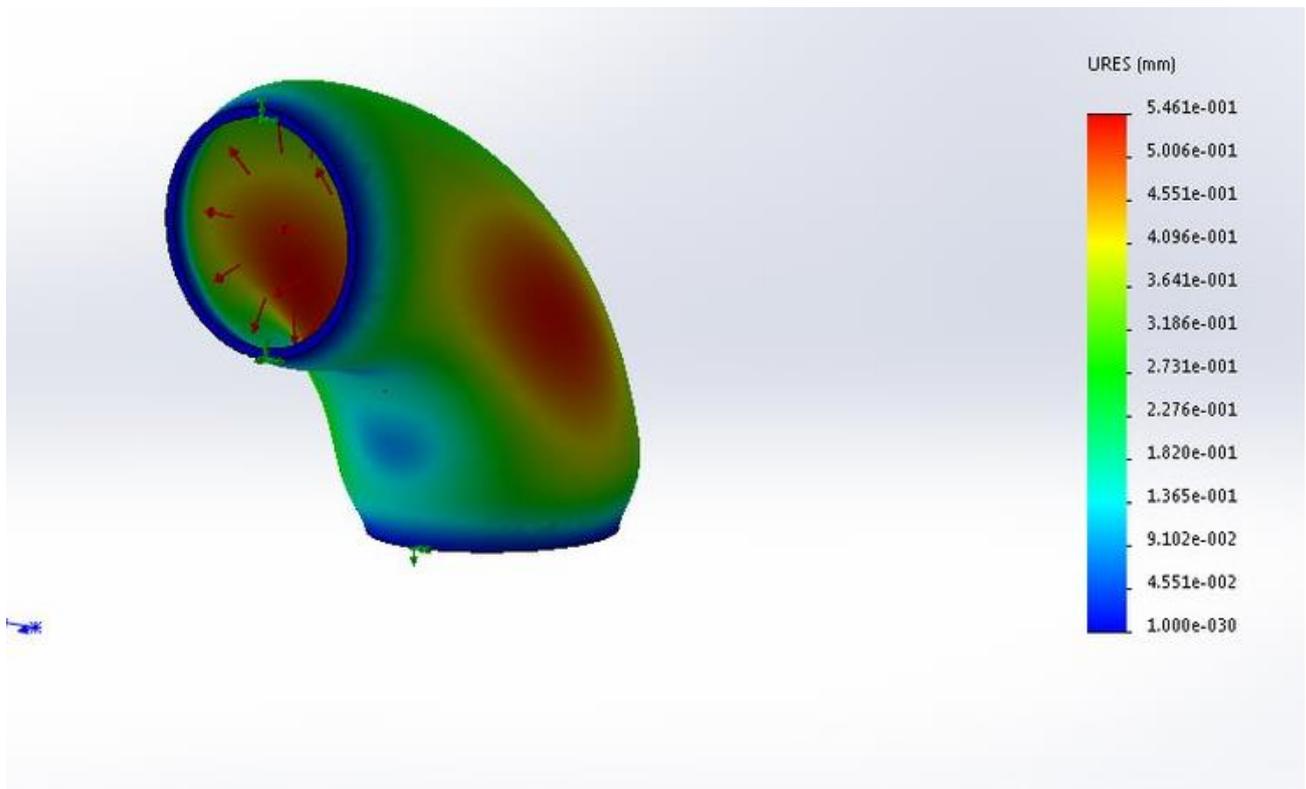


Рис. 9. Статический анализ отвода на поля перемещений.

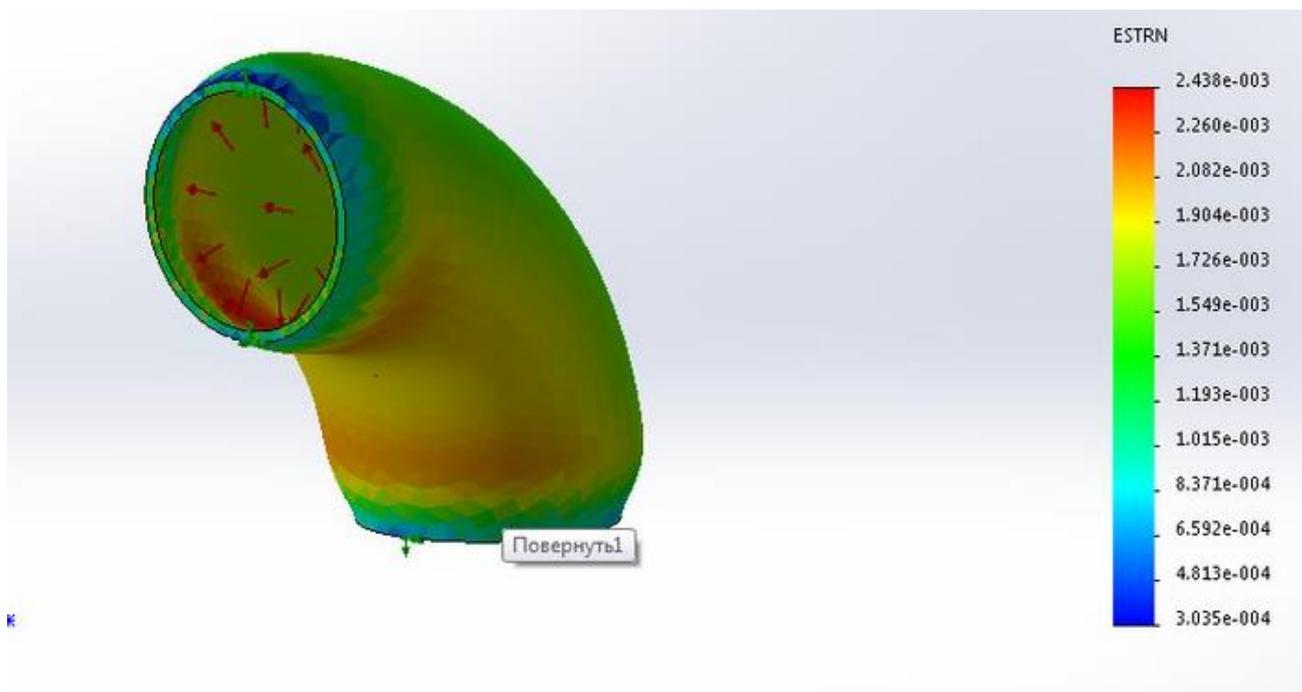


Рис. 10. Статический анализ отвода на поля деформирований.

Вывод:

Проведена оценка напряженно-деформированного состояния отвода трубопровода $\varnothing 273 \times 10$ №273X11 от ГЗУ №2 до ССУ-2камеры запуска СОД.

Результаты показали, что при гидроударе с нагрузкой, равной 42,64 МПа отвод испытывает пластическую деформацию, что приводит к уменьшению прочности. В связи с уменьшением прочности было предложено заменить на новую деталь.

3.2. Комплекс метода конечных элементов ANSYS.

Многие задачи, с которыми приходится в настоящее время сталкиваться исследователям и инженерам, не поддаются аналитическому решению либо требуют огромных затрат на экспериментальную реализацию. Прогресс в разработке численных методов и компьютерного моделирования позволил существенно расширить круг задач, доступных анализу. Полученные на основе этих методов результаты используются практически во всех областях науки и техники.

Метод конечных элементов (МКЭ) является мощным, надежным и современным средством исследования поведения конструкций в условиях разнообразных воздействий. Программа ANSYS, использующая МКЭ, широко известна и пользуется популярностью среди инженеров, занимающихся решением вопросов прочности. Средства МКЭ ANSYS позволяют проводить расчеты статического и динамического напряженно-деформированного состояния конструкций, в том числе геометрически и физически нелинейных задач механики деформируемого твердого тела. Это позволяет решить широкий круг инженерных задач.

Первичными переменными, которые вычисляются в ходе конструкционного анализа в ANSYS, являются узловые перемещения. В дальнейшем, исходя из вычисленных перемещений в узлах сетки, определяются другие важные параметры: перемещение конструкции, напряжения, деформация, реакции и прочее.

ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа, существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет, является довольно популярной у специалистов в сфере автоматических инженерных расчётов (CAE, Computer-Aided Engineering) и КЭ решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций (включая нестационарные геометрически и физически нелинейные задачи

контактного взаимодействия элементов конструкций), задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, а также механики связанных полей. Моделирование и анализ в некоторых областях промышленности позволяет избежать дорогостоящих и длительных циклов разработки типа «проектирование — изготовление — испытания». Система работает на основе геометрического ядра Parasolid[1].

Программная система КЭ анализа ANSYS разрабатывается американской компанией ANSYS Inc.. Компания также выпустила другие системы КЭ моделирования, в том числе DesignSpace, AI Solutions (NASTRAN, ICEM CFD); предназначенные для использования в более специфических отраслях производства.

В качестве стратегического партнёра фирма сотрудничает со многими компаниями, помогая им провести необходимые изменения. Предлагаемые фирмой ANSYS Inc. средства численного моделирования и анализа совместимы с некоторыми другими пакетами, работают на различных ОС. Программная система ANSYS сопрягается с известными CAD-системами Unigraphics, CATIA, Pro/ENGINEER, SolidEdge, SolidWorks, Autodesk Inventor и некоторыми другими.

Настоящая работа посвящена анализу напряженно-деформированного состояния конструкции (НДС) трубопровода камеры запуска СОД. Входными данными к расчету служили смещения участков трубопровода в местах крепления к опорам, полученные в результате визуального и измерительного контроля (сослаться на смещения, сантиметраж). Общий вид трубопровода приведен в приложении 1.

Работа проводилась с использованием программного комплекса метода конечных элементов Ansys и имеет приближенные решения, точность которых зависит от полноты входных параметров и постановки решения конкретной расчетной модели.

Каждый вид прочностного расчета был разбит на три этапа: 1 – построение 3D геометрии модели с необходимыми начальными условиями, границами разбиения и сгущения сетки конечных элементов 2 – задание граничных условий и нагружений в зависимости от постановки решения (рис. 11.) 3 – обработка полученных результатов, графического представления (рис. 12.).

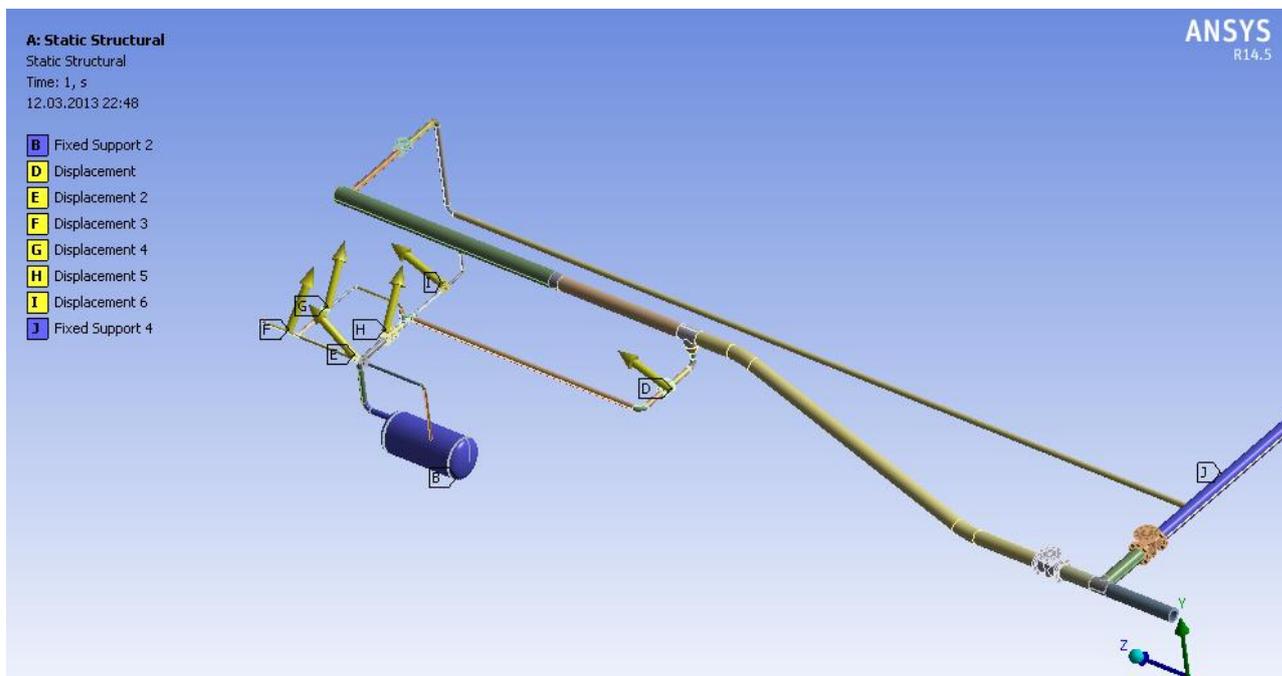


Рисунок. 11. Схема расчетной модели:

Fixed support – жесткая заделка, *Displacement* – перемещение узла.

Постановка задачи

При анализе конструкции к расчету принималась наземная часть трубопровода, т.к. расчет подземной части представляется более сложным, где необходимо учитывать вязкоупругие свойства грунта, контактное взаимодействие трубопровода и почвы. Моделирование подобного контакта осложняется неоднородностью и ортотропностью грунта, его температурным состоянием. В расчетной модели подземные участки трубопровода подвергались жесткой заделке при дальнейшем расчете (рис. 11., т. В, J).

Для уменьшения требуемых расчетных ресурсов ненагруженные элементы конструкции (элементы задвижек, шпильки, гайки, и т.д.) в расчетной модели заменены присоединенными массами, эквивалентными массам указанных элементов. К граничным условиям в данной расчетной модели относятся перемещения узлов в точках D, E, F, G, H, I (рис. 11.), согласно входным данным.

Цель работы – определение наиболее нагруженных участков трубопровода. В качестве интегрального критерия прочности конструкции рассмотрены поля интенсивности напряжений. Интенсивность напряжений учитывает величины нормальных напряжений по всем направлениям и определяется по формуле

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)}{2}}$$

Значения величин нормальных напряжений в критических областях не учитывались как правдивые. Завешенные значения напряжений свидетельствует о пластическом поведении материала при нагружении. Для более корректного решения и анализа нормальных напряжений необходимо проводить расчет с учетом нелинейности материала конструкции.

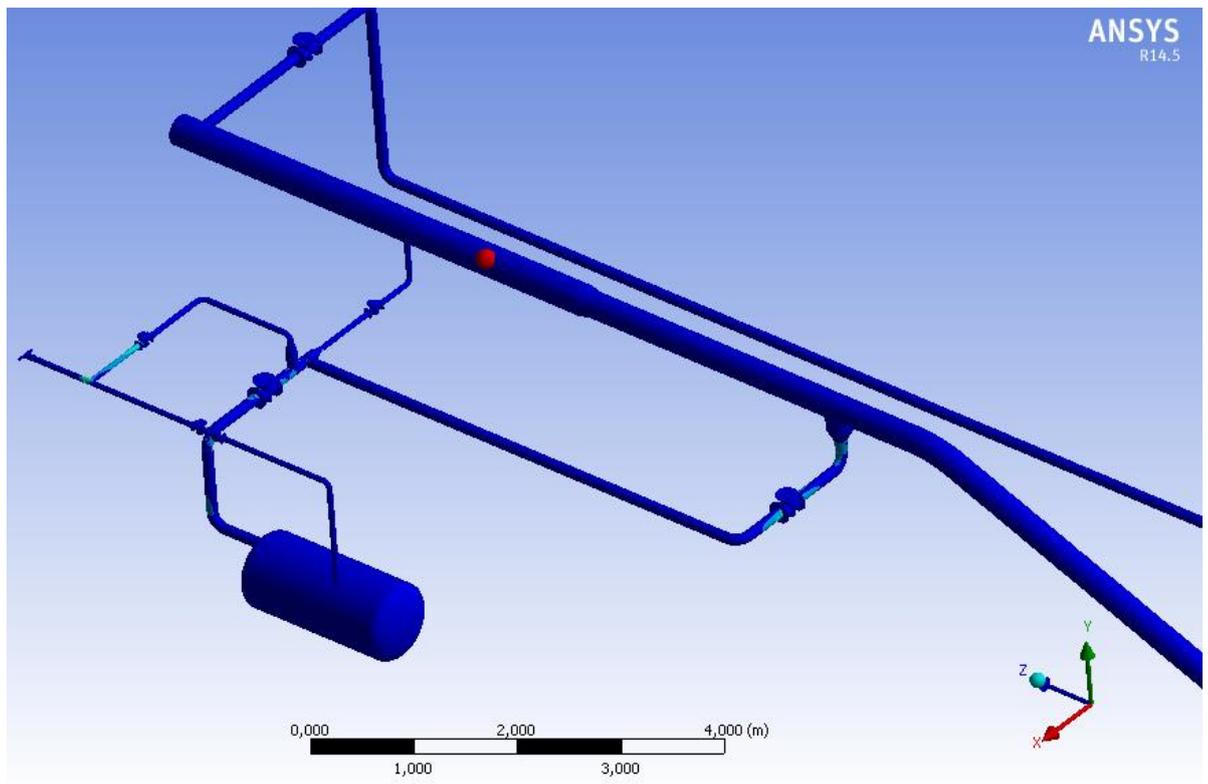


Рис. 12. Интенсивность напряжений в рассмотренной части трубопровода.

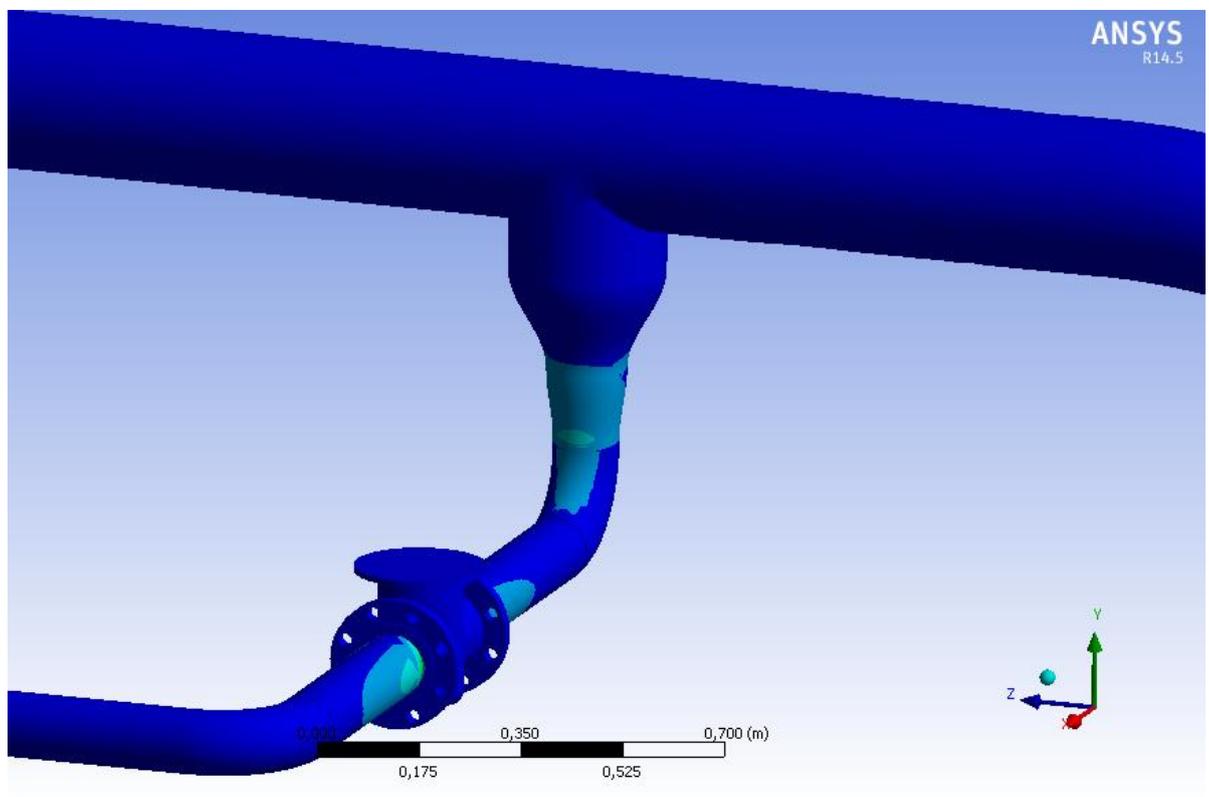


Рис. 13. Интенсивность напряжений в участке трубопровода (точка D согласно рис. 17.).

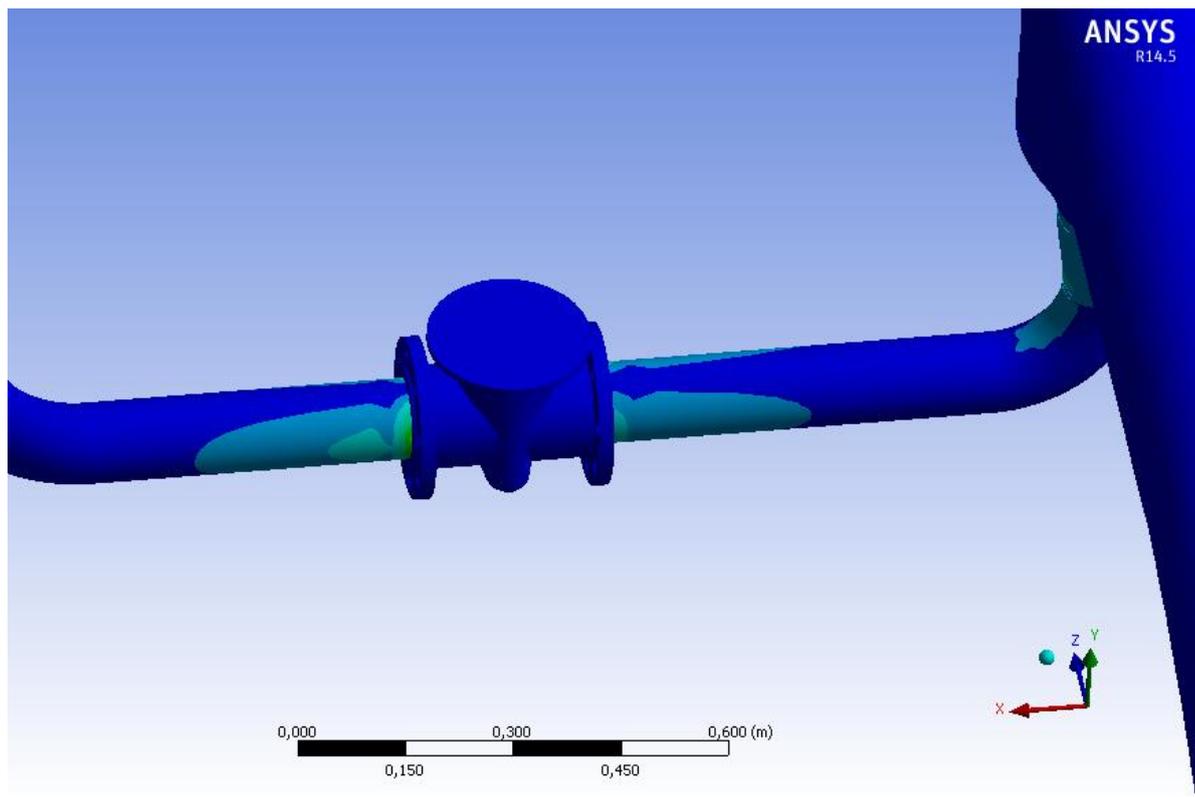


Рис. 14. Интенсивность напряжений в участке трубопровода (точка I согласно рис. 17.).

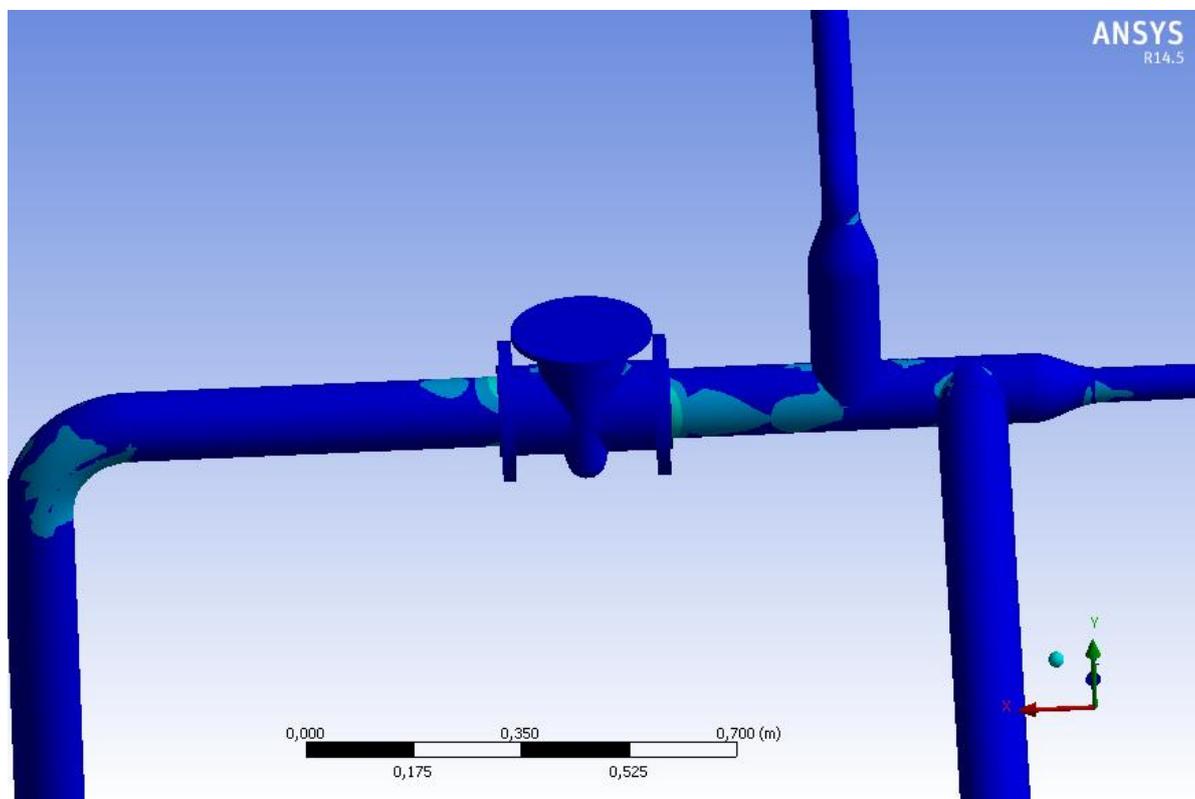


Рис. 15. Интенсивность напряжений в участке трубопровода (точка H согласно рис. 17.).

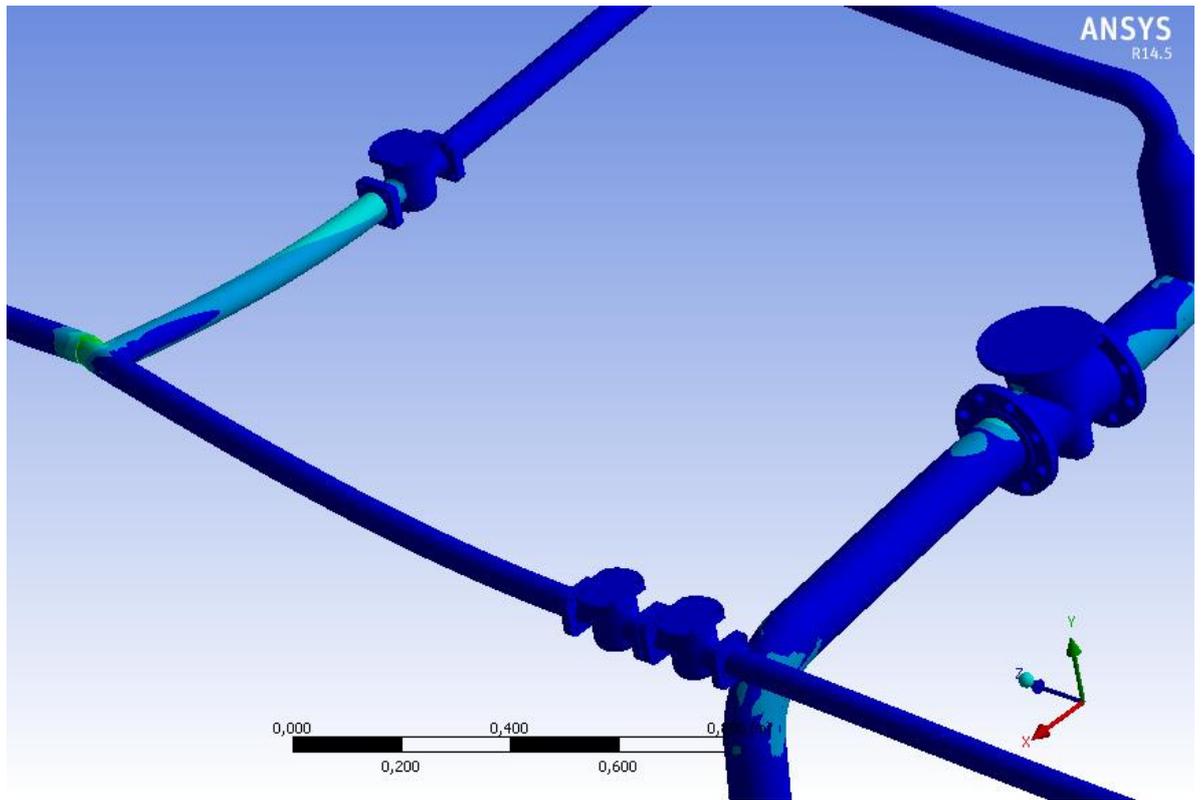


Рис. 16. Интенсивность напряжений в участке трубопровода (точка F, G, E согласно рис. 17).

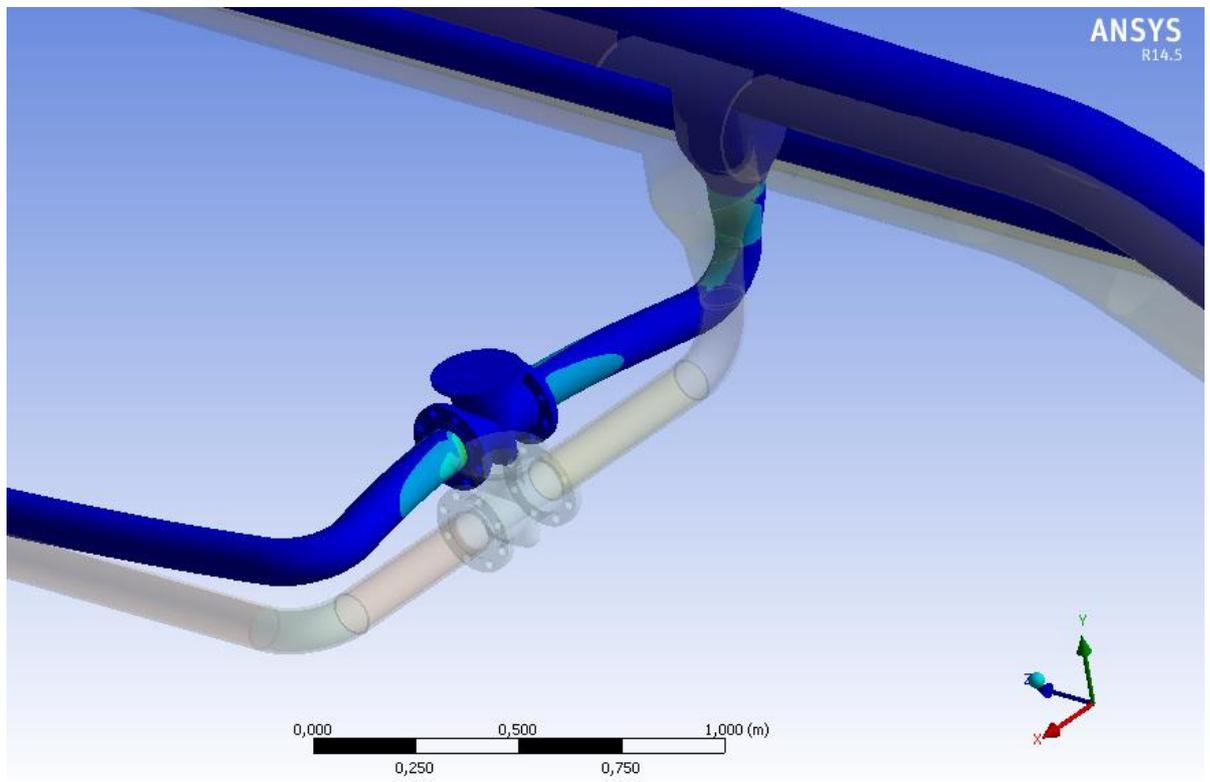


Рис. 17. Интенсивность напряжений в участке трубопровода (точка D согласно рис. 17.).

Серым цветом – начальное положение трубопровода.

4. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

4.1. Анализ экономической эффективности.

4.1.1. SWOT-анализ

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табличной форме (табл. 5).

Таблица 5.

Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие бюджетного финансирования; С2. Использование на любых типах трубопровода; С3. Использование программ SolidWorks и Ansys; С4. Простота конструкции	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Обеспечение высокой прочности; Сл2. Большой вес конструкции; Сл3. Высокие требования к точности изготовления; Сл4. Трудоемкое изготовление отводов.
Возможности: В1. Использование инфраструктуры ТПУ; В2. Сотрудничество с предприятием-изготовителем крутоизогнутых отводов; В3. Расширение каталога продукции.		
Угрозы:		

У1. Снижения стоимости оборудования;		
У2. Высокая конкуренция в данной отрасли.		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Интерактивная матрица проекта представлена в табл. 6, табл. 7, табл. 8, табл. 9.

Таблица 6.

Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
		С1	С2	С3	С4
Возможности проекта	В1	-	-	+	-
	В2	-	0	+	+
	В4	+	-	0	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: В2С4, В2С3, В3С3, В4С1С4.

Таблица 7.

Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	0	-	-
	B2	+	-	-	-
	B3	-	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: B2Сл1, B3Сл1Сл2.

Таблица 8.

Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	+	+	0	0
	У2	0	-	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У2С4.

Таблица 9.

Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	+
	У2	-	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и слабые стороны проекта: У1Сл1Сл2, У3Сл4.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (табл. 6).

Таблица 10.

SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие бюджетного финансирования; С2. Использование на любых типах трубопровода; С3. Использование программ SolidWorks и Ansys; С4. Простота конструкции.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Обеспечение высокой прочности; Сл2. Большой вес конструкции; Сл3. Высокие требования к точности изготовления; Сл4. Трудоемкое изготовление отводов.
Возможности: В1. Использование инфраструктуры ТПУ; В2. Сотрудничество с предприятием-изготовителем крутоизогнутых отводов; В3. Расширение каталога продукции.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: возможна разработка не только отводов, но и других деталей ; В2С3С4: простота конструкции отвода, а также использование программных комплексов разгружает от лишних работ завода – изготовителя; В3С1С4: при наличии бюджетного финансирования, а также из простоты конструкции,	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: В2Сл1: предприятие – изготовитель может решить проблему с обеспечением высокой прочности, путем применения других материалов и технологий повышающих прочностную характеристику отвода;

	можно расширить линейку выпускаемых отводов.	
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Снижения стоимости оборудования;</p> <p>У2. Высокая конкуренция в данной отрасли.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»:</p> <p>У1С1С2: наличие бюджетного финансирования, а также использование на любых типах трубопровода, приведет к повышению спроса, тем самым увеличивая стоимость отводов;</p> <p>У2С4: из-за простоты конструкции и работы с ним, возможность найти нишу на рынке отводов.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»:</p> <p>У1Сл1Сл2Сл3Сл4: из-за обеспечения высокой прочности, большого веса конструкции, из-за высоких требований к точности и трудоемкого изготовления возможно снижения стоимости оборудования.</p>

4.1.2. 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (17)$$

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

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

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (18)$$

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

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

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

4.1.3. Разработка графика проведения научного исследования.

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных 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. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (19)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (20)$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в табл. 11.

Таблица 11. Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнитель и	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ож}$, чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	2	4	2,8	Руков.	3	5
Выбор направления исследования	5	8	6,2	Руков.	6	9
Подбор и изучение литературы по теме	9	13	10,6	Дипл.	11	16
Календарное планирование работ по теме	2	5	3,2	Руков. дипл.	2	3
Поиск необходимых параметров для построения модели	5	10	7	Дипл.	7	11

Построение модели отвода	7	14	9,8	Дипл.	10	15
Оценка результатов исследования	7	9	7,8	Руков. дипл.	4	6
Составление пояснительной записки	7	14	9,8	Руков. дипл.	5	8

На основе таблицы 11 строим план график.

Таблица 12. Календарный план график проведения НИР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнител и	Т _{кi} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ											
				Фев.		Март			Апрель			Май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление ТЗ	Руков.	5	■											
2	Выбор направления	Руков.	9		■										
3	Изучение литературы	Дипл.	16			□									
4	Планирование работ	Руков. дипл.	3				■								
5	Поиск параметров	Дипл.	11					□							
6	Построение модели и проведение	Дипл.	15						□						

	исследовани я														
7	Оценка результатов	Руков. дипл.	6									■			
8	Пояснительн ая записка	Руков. дипл.	8									■			

■ — руководитель, □ — дипломник.

4.1.4. Бюджет научно-технического исследования.

Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Расчет основной заработной платы сведен в табл. 13.

Таблица 13. Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнитель и по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу(окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3	0,93	2,79
2	Выбор направления исследования	Руководитель	6	0,93	5,58
3	Подбор и изучение литературы по теме	Дипломник	11	0,23	2,53
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, дипломник	3	1,16	3,48
5	Поиск необходимых параметров для построения модели	Дипломник	7	0,23	1,61

6	Построение модели отвода	Дипломник	10	0,23	2,3
7	Оценка результатов исследования	Руководитель, дипломник	4	1,16	4,64
8	Составление пояснительной записки	Руководитель, дипломник	5	1,16	5,8
Итого					28,83

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (21)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = T_p \cdot Z_{дн}, \quad (22)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. ;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (23)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня М =11,2 месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней М=10,4 месяца, 6-дневная неделя;

Г_д – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 14. – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные	118	118
- праздничные		
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	72
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p, \quad (23)$$

где Z_{TC} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{TC});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от Z_{TC});

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

Таблица 15. – расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , тыс. руб.	к _{пр}	к _д	к _р	З _м , тыс. руб.	З _{дн} , тыс. руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , тыс. руб.
Руководитель	23,264	0,3	0,3	1,3	48,39	2,53	21	53,13
Дипломник	5,707	0	0	1,3	7,42	0,34	44	14,96
Итого З _{осн}								68,09

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (24)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица 16. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб	Дополнительная заработная плата, тыс. руб
Руководитель	53,13	8,5
Дипломник	14,96	2,4

Коэффициент отчислений внебюджетные фонды	во	0,271
Итого		
Исполнение 1		21,4

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 17. Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Затраты по основной и дополнительной заработных плат исполнителей темы	78990	
2. Отчисления на социальные нужды	21406	
3. Накладные расходы	16063	16% от суммы 1-2
4. Бюджет затрат НИИ	116459	Сумма ст. 1-3

4.2. Социальная ответственность.

Настоящая дипломная работа посвящена проведению прочностных расчетов отводов трубопровода. В связи с этим данный раздел ВКР посвящен анализу возможных опасных и вредных факторов при монтаже и эксплуатации трубопровода.

В качестве персонала рассматривается слесарь-ремонтник.

Рабочим местом слесаря является территория вокруг отвода трубопровода.

Работу выполняет в основном стоя. Производит обход и осмотр отвода на наличие деформаций. Регламентированные перерывы- 5% от рабочего времени.

В его обязанности входит ведение технологического процесса и наблюдение за работой трубопровода, контроль за соблюдением технологического режима, качеством сырья и вырабатываемых продуктов по показаниям контрольно-измерительных приборов и результатам анализов, контроль за учетом расхода сырья, продукции, реагентов, катализаторов, топливно-энергетических ресурсов, предупреждение отклонения процесса от заданного режима, ликвидация возникающих отклонений технологического процесса и аварий, заполнение журнала приема и сдачи дежурств.

Операции, проводимые слесарем-ремонтником:

1. Проверить наличие течи;
2. Осмотр наличия поверхностных дефектов:
 - наличие трещин;
 - наличие вмятин.
3. Проверить исправность заземления электродвигателя задвижки;
4. Проверить геометрические параметры трубопровода;
5. Проверить исправность приборов

Требования к эксплуатации трубопроводов.

1. Конструкция трубопровода должна обеспечивать безопасность при эксплуатации и предусматривать возможность его полного опорожнения, очистки, промывки, продувки, наружного и внутреннего осмотра, контроля и ремонта, удаления из него воздуха, а при гидравлическом испытании и воды после его проведения.

2. Если конструкция трубопровода не позволяет проведения наружного и внутреннего осмотров, контроля или испытаний, в проекте должны быть указаны методика, периодичность и объем контроля, выполнение которых обеспечит своевременное выявление и устранение дефектов.

3. Соединения элементов трубопроводов, работающих под давлением до 35 МПа (350 кгс/см²), следует производить сваркой со стыковыми без подкладного кольца сварными соединениями. Фланцевые соединения допускается предусматривать в местах подключения трубопроводов к аппаратам, арматуре и другому оборудованию, имеющему ответные фланцы, а также на участках трубопроводов, требующих в процессе эксплуатации периодической разборки или замены. Соединения трубопроводов под давлением свыше 35 МПа (350 кгс/см²) следует выполнять по специальным требованиям и техническим условиям.

4. В трубопроводах, предназначенных для работы под давлением до 35 МПа (350 кгс/см²), допускается вварка штуцеров на прямых участках, а также применение тройников, сваренных из труб, штампованные колена с двумя продольными швами при условии проведения 100 % -ного контроля сварных соединений неразрушающими методами.

5. Вварка штуцеров в сварные швы, а также в гнутые элементы (в местах гибов) трубопроводов не допускается.

На гibaх трубопроводов, работающих под давлением до 35 МПа (350 кгс/см²), может быть допущена вварка одного штуцера (трубы) для измерительного устройства внутренним диаметром не более 25 мм.

6. Для соединения элементов трубопроводов из высокопрочных сталей с временным сопротивлением разрыву 650 МПа (6500 кгс/см²) и более следует использовать муфтовые или фланцевые соединения на резьбе.

7. В местах расположения наиболее напряженных сварных соединений и точек измерения остаточной деформации, накапливаемой при ползучести металла, следует предусматривать съемные участки изоляции.

Основной целью раздела является рассмотрение оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, повышения его производительности, сохранения работоспособности в процессе деятельности, а также охраны окружающей среды.

4.2.1. Описание рабочего места на предмет возникновения опасных и вредных факторов, вредного воздействия на окружающую среду.

На здоровье и работоспособность человека в процессе труда оказывает влияние совокупность факторов производственной среды и трудового процесса. В зависимости от влияния на организм человека отдельные производственные факторы могут быть вредными или опасными. При хранении, наполнении и опорожнении резервуаров, а также их зачистке и ремонте труд характеризуется как опасный и очень тяжелый. Согласно нормативно-правовой документации можно выделить следующие *вредные факторы* производственной среды при работе в территории:

- Повышенный уровень шума на рабочем месте;
- Повышенный уровень вибрации;

К опасным факторам относятся следующие:

- расположение рабочего места на значительной высоте от уровня пола или земли;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

4.2.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.

Так как трубопроводы находятся на улице, то в темное время суток наблюдается недостаточная освещенность, несмотря на искусственное освещение. В темное время территория трубопровода должна иметь освещение, отвечающее нормам техники безопасности и пожарной безопасности; Для местного освещения в темное время суток должны применяться переносные взрывобезопасные аккумуляторные светильники напряжением не более 12 В, включать и выключать которые следует за обвалованием или ограждением.

Вибрация.

Наличие даже минимального дисбаланса в технической системе многократно преумножается в сильные вибрации, которые воздействуют на работника.

Длительное воздействие вибрации на организм человека приводит к серьезным последствиям под названием «вибрационная болезнь». Это профессиональная патология, которая возникает в результате длительного влияния на организм человека производственной вибрации, превышающей предельно допустимый уровень (ПДУ).

Вибрация может действовать как локально (например, на рабочие руки), так и на весь организм. Но в любом случае она способна к распространению, отражаясь на нервной и опорно-двигательной системе. Гасится вибрация благодаря эластическим свойствам мышц, связок, хрящей.

Кроме того, от длительной вибрации страдает сердечно-сосудистая система и особенно - микроциркуляторное русло (мелкие сосуды, в которых идет непосредственная отдача кровью кислорода и утилизация из тканей углекислого газа).

При общей вибрации часто поражается орган равновесия (вестибулярный аппарат), что сопровождается головокружением, шаткой, неустойчивой походкой, таких пациентов часто беспокоит тошнота, иногда двоится в глазах.

Уровень вибрации в магистральном трубопроводе не превышает 25 — 30 мм/с

Индивидуальные средства защиты такие как виброзащитные перчатки и рукавицы, виброзащитная обувь позволяют предупредить негативное воздействие вибрации на человека.

Шум.

Шум, возникающий при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения, воздействует на центральную и вегетативную нервную систему человека, органы слуха.

Шум воспринимается весьма субъективно. При этом имеет значение конкретная ситуация, состояние здоровья, настроение, окружающая обстановка.

Основное физиологическое воздействие шума заключается в том, что повреждается внутреннее ухо, возможны изменения электрической проводимости кожи, биоэлектрической активности головного мозга, сердца и скорости дыхания, общей двигательной активности, а также изменения размера некоторых желез эндокринной системы, кровяного давления, сужение кровеносных сосудов, расширение зрачков глаз. Работающий в условиях длительного шумового воздействия испытывает раздражительность, головную боль, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, нарушение сна. В шумном

фоне ухудшается общение людей, в результате чего иногда возникает чувство одиночества и неудовлетворенности, что может привести к несчастным случаям.

Длительное воздействие шума, уровень которого превышает допустимые значения, может привести к заболеванию человека шумовой болезнью — нейросенсорная тугоухость. На основании всего выше сказанного шум следует считать причиной потери слуха, некоторых нервных заболеваний, снижения продуктивности в работе и некоторых случаях потери жизни.

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 при разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочих мест следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека, до значений, не превышающих допустимые, те чего иногда возникает чувство одиночества и неудовлетворенности, что может привести к несчастным случаям.

Средства защиты от шума.

— Снижение шума в источнике осуществляется за счет улучшения конструкции трубопровода или изменения технологического процесса.

— Методы и средства коллективной защиты:

- изменение направленности излучения шума;
- рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
- акустическую обработку помещений;
- применение звукоизоляции;

— Средства индивидуальной защиты.

Принцип действия СИЗ – защитить наиболее чувствительный канал воздействия шума на организм человека – ухо. Применение СИЗ позволяет предупредить расстройство не только органов слуха, но и нервной системы от действия чрезмерного раздражителя.

Уровень шума в трубопроводе при потоке жидкости, равняется примерно 70 дБ.

Наиболее эффективны СИЗ, как правило, в области высоких частот. СИЗ включают в себя противошумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

4.2.3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.

Электростатические поля возникают при разрядах молнии. Возможно поражение электрическим током, ожоги, нарушение физико-химического состава крови, поражение слизистой оболочки глаз, разрыв тканей организма, летальный исход. Для предупреждения поражений нужно производить изоляцию проводов, установку оградительных устройств, использование предупреждающих плакатов и знаков безопасности, защитного заземления и отключения, зануление, применять СИЗ (диэлектрические перчатки, инструменты с изолирующими рукоятками), устанавливать молниеотводы. А также необходимо изолировать задвижку с электродвигателем от внешней среды.

4.2.4. Охрана окружающей среды.

4.2.4.1 Региональная безопасность.

Твердые и жидкие отходы:

В период эксплуатации источниками негативного воздействия на окружающую среду могут являться течи фланцевых соединений и отходы при производстве и при окончании срока эксплуатации оборудования. При этом оборудование переводят на дальнейшую переплавку или на специально оборудованную площадку для утилизации.

Сточные воды:

Данное оборудование не влияет на состояние гидросферы и поэтому данный раздел не рассматривается.

Защита селитебной зоны.

Расположение производственной территории относительно селитебной:

— Промышленные предприятия должны быть удалены от селитебной территории на расстояние, соответствующее степени вредности предприятия.

— В соответствии с Санитарными Нормами 245-71, в зависимости от вида производства, выделяемых вредных выбросов и условий технического процесса установлена протяженность санитарно-защитной зоны.

— Территория санитарно-защитной зоны должна быть благоустроена и озеленена по проекту благоустройства, разрабатываемому одновременно с проектом строительства или реконструкции предприятия.

Трубопроводы редко располагаются в пределах селитебной зоны.

Воздействие на атмосферу

Трубопроводы не оказывают воздействие на атмосферу поэтому данный раздел не рассматривается.

Пожаровзрывоопасность:

Трубопровод не является пожаровзрывоопасным оборудованием, поэтому данный раздел не рассматривается.

4.2.4.2. Защита в чрезвычайных ситуациях.

Основной чрезвычайной ситуацией при работе отвода трубопровода является его разрыв. Это происходит при несоблюдении правил эксплуатации трубопроводов. Разрыв отвода приводит к разливу нефти на большой территории. Разлитая нефть загрязняет природную среду, ухудшает состояние

почвы, атмосферы, воды, за счет токсичных веществ, а также увеличивает риск возникновения пожара.

Разрыв в основном происходит на месте соединения трубопроводов сваркой. Поэтому, следует тщательно проверить качество сварки, его шов и т.д. на первичной диагностике трубопровода после сварки. Далее необходимо раз в год проводить диагностику трубопровода, визуально-измерительными контролями, магнитопорошковыми, рентгеновскими, капиллярными методами, УЗК.

Также при резком закрытии задвижки трубопровода может произойти гидравлический удар. При сильном гидроударе стенки трубопровода могут разрушаться, за счет резкого возрастания давления. Чтобы избежать гидравлического удара, трубопровод снабжают медленно закрывающиеся краны.

Гидроудар можно предотвратить следующими способами:

- Замедлением изменения скорости потока в сети;
- Сбрасыванием из трубопровода обратного потока после остановки насоса;
- Предотвращением быстрого заполнения и опорожнения трубопроводов;
- Впуском в трубопровод воздуха, когда ожидается падение давления ниже атмосферного.

Локализация разливов нефти и нефтепродуктов.

При разливе, без причинения вреда к окружающей среде, является механический метод сбора нефти. Наибольшая эффективность его достигается в первые часы после разлива. Это связано с тем, что толщина слоя нефти остается достаточно большой. При малой толщине нефтяного слоя, большой площади его распространения и постоянном движении поверхностного слоя под воздействием ветра и течения механический сбор достаточно затруднен.

Основными средствами локализации разливов нефти и нефтепродуктов в водных средах являются боновые заграждения. Главные функции боновых заграждений: предотвращение растекания нефти на водной поверхности,

уменьшение концентрации нефти для облегчения цикла уборки, и отвод (траление) нефти от наиболее экологически уязвимых районов.

4.2.5. Общие требования промышленной безопасности и охраны труда.

К самостоятельной работе, в качестве слесаря-ремонтника трубопровода допускаются лица: достигшие 18-летнего возраста; прошедшие медицинское освидетельствование и не имеющие противопоказаний по здоровью; прошедшие обучение в области промышленной безопасности в специализированном учебном центре и имеющие квалификационное удостоверение слесаря-ремонтника; прошедшие вводный инструктаж, инструктаж на рабочем месте по программе первичного инструктажа на рабочем месте; прошедшие стажировку на рабочем месте не менее 14 рабочих смен, проверку знаний и получившие допуск к выполнению самостоятельной работы; имеющие удостоверение об аттестации.

Слесарь-ремонтник через каждые 6 месяцев работы должен проходить повторный инструктаж по безопасному ведению работ и, не реже одного раза в год, проверку знаний по основной профессии, инструктаж по электробезопасности с последующим присвоением I-ой квалификационной группы и пожарно-технический минимум.

Продолжительность рабочего времени работников не может превышать 44 часов в неделю. Для женщин установлена 38-часовая рабочая неделя. При организации работы вахтовым методом осуществляется суммированный учет рабочего времени. Продолжительность рабочего времени не более 11 часов в сутки, при условии соблюдения баланса рабочего времени в учетном периоде. Рабочее время и время отдыха при работе вахтовым методом регламентируется графиком работы в вахте.

Слесарь-ремонтник должен быть ознакомлен с Правилами внутреннего трудового распорядка и графиками сменности, под роспись, и соблюдать режим труда и отдыха.

Дополнительные перерывы для обогрева работающих, приостановка работы на объектах, осуществляется в зависимости от предельных значений температуры наружного воздуха и скорости ветра в данном климатическом районе, установленных для субъекта Российской Федерации.

Слесарь-ремонтник обязан соблюдать Правила внутреннего трудового распорядка, не нарушать трудовую, производственную и технологическую дисциплину. Запрещается появление (нахождение) на работе, в местах проживания при межсменном отдыхе в состоянии алкогольного, наркотического, токсического или иного опьянения, а также распитие спиртных напитков, употребление наркотических и токсических препаратов на территории производственного объекта, рабочем месте, в местах проживания, в том числе и при межсменном отдыхе.

Выдача слесарю-ремонтнику спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты производится в соответствии с утвержденными нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам.

Ведомственный контроль осуществляет отдел охраны труда. Государственный надзор осуществляется федеральной инспекцией труда.

Заключение.

По результатам проведенной бакалаврской работы можно сделать следующие выводы:

1. Проведен анализ напряженно-деформированного состояния трубопровода камеры запуска СОД, который показал наиболее нагруженные участки трубопровода (рис. 13, 14, 15, 16).
2. Аналитически рассчитано значение нагрузки при гидроударе в трубопроводе $\varnothing 273 \times 10$ №273Х11 от ГЗУ №2 до ССУ-2 камеры запуска СОД. Полученная нагрузка использовалась в дальнейшем расчете в комплексе метода конечных элементов расчетной модели отвода трубопровода. Установленные расчетные напряжения не превысили предела текучести стали 20, который имеет следующие механические свойства: предел прочности: $\sigma_B = 410$ МПа; предел текучести: $\sigma_T = 350$ МПа.
3. Анализ полученных деформаций и напряжений в конструкции трубопровода позволяет сделать вывод о том, что часть линий данной конструкции требует замены узловых агрегатов точек D, F, G и E.

Полученные результаты являются частично приближенными в силу применения упрощенных расчетных схем, невозможности точного определения фактических нагрузок, действующих на конструкцию камеры запуска СОД.

