

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

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации

УДК 622.279.8-048.35

**Студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б8Б	Стебелев Леонид Андреевич		

**Руководитель:**

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев М.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, ОСГН ШБИП	Креницына З.В	к.т.н		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2022 г.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

По основной образовательной программе подготовки бакалавров

По направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело», профиль подготовки «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально- историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-10	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания
ОПК(У)-2	Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
ОПК(У)-3	Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента
ОПК(У)-4	Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные
ОПК(У)-5	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

<b>ОПК(У)-6</b>	Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии
<b>ОПК(У)-7</b>	Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, в соответствии с действующими нормативными правовыми актами
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен осуществлять и корректировать технологические процессы нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-2</b>	Способен проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-3</b>	Способен выполнять работы по контролю безопасности работ при проведении технологических процессов нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-4</b>	Способен применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-5</b>	Способен обеспечивать заданные режимы эксплуатации нефтегазотранспортного оборудования и контролировать выполнение производственных показателей процессов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки
<b>ПК(У)-6</b>	Способен проводить планово-предупредительные, локализационно-ликвидационные и аварийно-восстановительные работы линейной части магистральных газонефтепроводов и перекачивающих станций
<b>ПК(У)-7</b>	Способен выполнять работы по проектированию технологических процессов нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-8</b>	Способен использовать нормативно-технические основы и принципы производственного проектирования для подготовки предложений по повышению эффективности работы объектов трубопроводного транспорта углеводородов

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

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП ОНД ИШПР

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

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
2Б8Б	Стебелеву Леониду Андреевичу

Тема работы:

«Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.02.2022 г. №45-46/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2022 г.
--	---------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. Д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. Д.).</i></p>	<p>В качестве объекта исследования была выбрана установка компримирования инертного газа</p> <p>Основные характеристики:          Диаметры используемых труб –15, 20, 25, 50, 80 мм;          Рабочее давление – 9 МПа;          Транспортируемая среда – инертный газ.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></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>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Провести анализ научной литературы и нормативно-технической документации.</li> <li>2. По технологической схеме построить 3D модель трубопроводной обвязки.</li> <li>3. Назначить основные размеры и конструктивные решения на основе требований нормативной документации;</li> <li>4. Произвести проверочный прочностной расчет;</li> <li>5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>6. Социальная ответственность</li> <li>7. Формирование выводов о проделанной работе</li> </ol>
--	--

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Рисунки, таблицы, диаграммы</p>
--	------------------------------------

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Криницына З.В., к.т.н., доцент ОСГН ШБИП
«Социальная ответственность»	Гуляев М.В., старший преподаватель ООД

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>10.02.2022 г.</p>
--	----------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Павлов Михаил Сергеевич	Д. Т. Н., доцент		10.02.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б8Б	Стебелев Леонид Андреевич		10.02.2022

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б8Б	Стебелев Леонид Андреевич

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Нефтегазовое дело</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	1. <i>Виды и стоимость ресурсов: Материально-технические ресурсы: 171800 руб. Человеческие ресурсы: 2 человека, общая стоимость суммы зарплат и отчислений на социальные нужды – 404396 6 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	2. <i>Устанавливаются в соответствии с заданным уровнем нормы оплат труда: 30% премии; 20% надбавки; 18% дополнительная заработная плата; 16% накладные расходы; 1,3 районный коэффициент.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	3. <i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 30%</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	1. <i>Анализ конкурентных технических решений</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	2. <i>Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта; определение затрат и капиталовложений в проведение исследования</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	3. <i>Определение интегрального показателя эффективности научного исследования; расчет показателей ресурсоэффективности.</i>
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>	
2. <i>Альтернативы проведения НИ 3.</i>	
3. <i>График проведения и бюджет НИ 4.</i>	
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>	

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент, ОСГН ШБИП	Креницына З.В.	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Б8Б	Стебелев Леонид Андреевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
2Б8Б		Стебелев Леонид Андреевич	
<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение геологии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	21.03.01 Нефтегазовое дело

Тема ВКР:

Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<b>Введение</b>	<p>Объект исследования: трубопроводная обвязка установки компримирования гелия.</p> <p>Область применения: проведения расчётов основных параметров трубопроводной обвязки установки компримирования гелия по заданным характеристикам оборудования при её модернизации.</p> <p>Установка расположена в компрессорном цехе.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</b>	<p>Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>
<b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</b>	<p>Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов.</p> <p>Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов.</p> <p>Движущиеся объекты, наносящие удар по телу работающего;</p> <p>Производственные факторы, связанные с электрическим током, пожаровзрывоопасность;</p> <p>Повышенные уровни шума;</p> <p>Повышенные уровни вибрации;</p> <p>Отклонения показателей микроклимата от заданных норм;</p> <p>Отсутствие или недостаток искусственного и естественного освещения;</p> <p>Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;</p> <p>Умственное перенапряжение, в том числе вызванное информационной нагрузкой;</p> <p>Монотонность труда, вызывающая монотонию;</p> <p>Производственные факторы, связанные с электромагнитными полями;</p> <p>Выводы на соответствие допустимым условиям труда согласно нормативным документам.</p>
<b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</b>	<p>Воздействие на литосферу, гидросферу, атмосферу.</p> <p>Решение по обеспечению экологической безопасности.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:</b>	<p>- Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого здания и сооружения;</p> <p>- Выбор наиболее типичной ЧС;</p>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации ее последствий;</li> <li>- Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б8Б	Стебелев Леонид Андреевич		

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
 Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»  
 Уровень образования бакалавриат  
 Отделение нефтегазового дела  
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2021/2022 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.02.2022	<i>Введение</i>	5
26.02.2022	<i>Обзор литературы</i>	15
08.03.2022	<i>Характеристика объекта исследования</i>	10
24.03.2022	<i>Построение 3D модели трубопроводной обвязки</i>	20
29.04.2022	<i>Расчеты и аналитика</i>	15
14.05.2022	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
31.05.2022	<i>Социальная ответственность</i>	10
04.06.2022	<i>Заключение</i>	5
10.06.2022	<i>Презентация</i>	10
	<b>Итого:</b>	<b>100</b>

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Павлов М.С.			10.02.2022

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Брусник О.В.	к.п.н.		10.02.2022

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 103 с., 25 рис., 20 табл., 46 источников, 1 прил.

Ключевые слова: установка компримирования, трубопроводная обвязка, инертный газ, напряженно-деформированное состояние, моделирование, работы по монтажу.

Объектом исследования является трубопроводная обвязка установки компримирования инертного газа.

Цель: разработка технических решений по обеспечению выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации.

Задачи работы:

1. Определить нормативную документацию.
2. Построить 3D модель по технологической схеме.
3. Назначить основные размеры и конструктивные решения на основе требований нормативной документации.
4. Произвести проверочный прочностной расчет.
5. Сформулировать указания по выполнению монтажных работ.

В процессе исследования проводились: описание классификации трубопроводов; обзор способов применения азота в нефтегазовой отрасли; построение математической модели трубопровода с помощью продуктов инженерного анализа; доработка существующей технологической схемы трубопроводной обвязки; определение максимальных и минимальных значений напряжений и деформаций в трубопроводе; обзор технических решений при монтаже трубопровода.

					Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Стебелев Л.А.</i>			Реферат	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Павлов М.С.</i>					11	103
<i>Рук.</i>	<i>ООП</i>	<i>Брусник О.В.</i>				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б		

## Abstract

Final paper includes 103 pages, 25 figures, 20 tables, 46 sources, 1 appendixes.

Keywords: compression unit, piping, inert gas, sharply deformed state, modeling, installation work.

The object of study is the piping of the inert gas compression unit.

Purpose: development of technical solutions for the performance of work on the manufacture of piping for an inert gas compression unit when it is provided.

Work tasks:

1. Define regulatory documentation.
2. Build a 3D model according to the technological scheme.
3. Assign the main dimensions and design solutions to comply with regulatory documentation.
4. Perform a verification strength calculation.
5. Formulate instructions for the installation work.

In progress: description of pipeline separation; overview of nitrogen applications in the oil and gas industry; building a mathematical model of the pipeline using engineering analysis products; refinement of the structure of the technological scheme of pipeline piping; determination of the maximum and minimum values of values and deformations in the pipeline; review of technical solutions for pipeline installation.

					Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Abstract	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Стебелев Л.А.</i>					12	103
<i>Руковод.</i>		<i>Павлов М.С.</i>						
<i>Рук.</i>	<i>ООП</i>	<i>Брусник О.В.</i>						
						Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б		



5.5.1 Предварительная расстановка опор трубопроводной обвязки установки компримирования азота.....	52
5.5.2 Окончательное расставление опор трубопроводной обвязки установки компримирования азота.....	55
5.5.3 Предварительная расстановка опор системы охлаждения компрессоров.....	57
6 Работы по монтажу технологических трубопроводов .....	59
6.1 Распределение трассы трубопровода.....	61
6.2 Монтаж опорной конструкции, опор и подвесок .....	63
6.3 Установка узлов в проектное положение .....	65
6.4 Монтаж запорно-регулирующей арматуры, контрольно- измерительных приборов и автоматики .....	66
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	69
7.1 Анализ конкурентных технических решений.....	69
7.2 Планирование работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа .....	72
7.3 Определение трудоёмкости выполнения работ .....	73
7.4 Разработка графика проведения проекта.....	73
7.5 Бюджет затрат на исследования .....	76
7.5.1 Расчёт материальных затрат исследования.....	76
7.5.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для проведения исследования.....	77
7.5.3. Основная заработная плата исполнителей исследования .....	78
7.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей исследования.....	79
7.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды .....	80
7.5.6. Накладные расходы .....	80

7.5.7. Формирование бюджета на научно-исследовательский проект .....	81
Вывод по разделу .....	81
8 Социальная ответственность .....	82
Введение.....	82
8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения.....	82
8.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	82
8.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	83
8.2 Производственная безопасность при разработке проектного решения .....	83
8.2.1. Анализ потенциально возможных опасных факторов и обоснование мероприятий по защите от их воздействия .....	84
8.2.2. Анализ потенциально возможных вредных факторов и обоснование мероприятий по защите от их воздействия .....	86
8.3 Экологическая безопасность .....	93
8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	93
Выводы по разделу .....	95
Заключение .....	96
Список использованных источников .....	97
Приложение А .....	103

## Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**давление рабочее:** Максимальное внутреннее избыточное или наружное давление, возникающее при нормальном протекании рабочего процесса (МПа, кгс/см).

**давление расчетное; Р:** Давление, на которое проводится расчет на прочность, определяемое автором технологической части проекта (МПа, кгс/см).

**деталь трубопровода (фасонная деталь, фитинг):** Часть трубопровода, предназначенная для соединения отдельных его участков с изменением или без изменения направления или проходного сечения (отвод, переход, тройник, заглушка, фланец) либо крепления трубопровода (опора, подвеска, болт, гайка, шайба, прокладка и т.д.) и изготовленная из материала одной марки

**диаметр номинальный; DN (диаметр условного прохода, номинальный размер, условный диаметр):** Параметр, применяемый для трубопроводных систем в качестве характеристики присоединяемых частей.

**отвод:** Деталь трубопровода, обеспечивающая изменение направления потока транспортируемого вещества.

**переход:** Фасонная деталь трубопровода, предназначенная для расширения или сужения потока транспортируемого вещества; в зависимости от способа изготовления переходы подразделяются на бесшовные, вальцованные и лепестковые.

					Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Стебелев Л.А.</i>				Определения	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Павлов М.С.</i>						16	103
<i>Рук.</i>	<i>ООП Брусник О.В.</i>					Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б		



**тройник:** Фасонная деталь трубопровода для слияния или деления потоков транспортируемого вещества под углом от  $45^\circ$  до  $90^\circ$ ; в зависимости от способа изготовления тройники подразделяются на бесшовные, сварные и штампованные.

**неподвижная опора:** Крепление трубопровода, исключающее линейные перемещения и угловые перемещения по трем степеням свободы.

**предел прочности (временное сопротивление):** Нормативное минимальное значение напряжения, при котором происходит разрушение материала при растяжении

**предел текучести:** Нормативное минимальное значение напряжения, с которого начинается интенсивный рост пластических деформаций при растяжении материала.

					Оглавление	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Обозначения и сокращения

УК – установка компримирования;

КА – компрессорный агрегат;

КПД – коэффициент полезного действия;

КИП – контрольно-измерительные приборы;

НТД – нормативно-техническая документация;

ТО – техническое обслуживание;

ППР – проект производства работ;

МКЭ - метод конечных элементов;

НДС - напряженно-деформированное состояние;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

					Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Стебелев Л.А.</i>			Обозначения и сокращения	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Павлов М.С.</i>					18	103
<i>Рук.</i>	<i>ООП</i>	<i>Брусник О.В.</i>				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б		

## Введение

Технологические трубопроводы работают в разнообразных условиях, находятся под воздействием значительных давлений и высоких температур, подвергаются коррозии и претерпевают периодические охлаждения и нагревы. Их конструкция делается все более сложной за счет увеличения рабочих параметров транспортируемого продукта и ужесточения требований к надежности эксплуатируемых систем [1].

Затраты на сооружение и монтаж таких трубопроводов могут достигать 30% стоимости всего предприятия. В связи с этим делом первостепенной важности специализированных проектных, строительных и эксплуатирующих организаций являются техническое совершенствование и перевооружение технологических схем на основе внедрения новейших достижений науки и использования передовой техники. От правильного выбора конструкций, качественного изготовления элементов и организации строительства зависят экономия материальных ресурсов и сокращение потерь перекачиваемого продукта. Все это требует от специалистов более глубоких знаний, четкого соблюдения правил и специальных технологических требований по строительству и монтажу трубопроводов [1].

Цель работы: разработка технических решений по обеспечению выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при её модернизации.

Задачи работы:

1. Провести анализ научной литературы и нормативно-технической документации;
2. Построить 3D модель по технологической схеме;

					Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Стебелев Л.А.</i>				Введение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Павлов М.С.</i>						19	103
<i>Рук.</i>	<i>ООП Брусник О.В.</i>					Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б		

3. Назначить основные размеры и конструктивные решения на основе требований нормативной документации;
4. Произвести проверочный прочностной расчет;
5. Сформулировать указания по выполнению монтажных работ.

					Введение	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1 Общие сведения о трубопроводах

## 1.1 Классификация трубопроводов

Трубопроводами называются сооружения состоящее из плотно соединённых между собой труб, деталей трубопроводов, запорно-регулирующей аппаратуры, контрольно-измерительных приборов, средств автоматики, опор и подвесок, крепежных деталей, прокладок, материалов и деталей тепловой и противокоррозионной изоляции и предназначенное для транспортировки сред различного агрегатного состояния, состава и назначения [2].

Трубопроводы могут выполнять функции транспортировки как газообразных, так жидких и даже твёрдых сред различной консистенции.

По своему назначению трубопроводы делятся на следующие группы:

- внутренние (внутрипромысловые) - соединяют различные установки на промыслах, нефтегазоперерабатывающих заводах и газонефтехранилищах;
- местные – по сравнению с внутренними трубопроводами имеют большую протяжённость и соединяют нефтегазопромыслы или нефтегазоперерабатывающие заводы с головной станцией магистрального трубопровода;
- магистральные – характеризуются большой протяженностью, высокой пропускной способностью и соединяют поставщика нефтегазопродуктов с потребителем;
- технологические – характеризуются малой протяжённостью и служат для обеспечения работоспособности в заданных режимах технологических установок перекачивающих станций.

					Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Стебелев Л.А.</i>			Общие сведения о трубопроводах	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Павлов М.С.</i>					21	103
<i>Рук.</i>	<i>ООП</i>	<i>Брусник О.В.</i>				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б		

По роду транспортируемого вещества трубопроводы подразделяются на:

- нефтепроводы;
- нефтепродуктопроводы;
- газопроводы;
- конденсатопроводы;
- паропроводы;
- водопроводы;
- маслопроводы;
- бензопроводы;
- кислородопроводы;
- щелочепроводы;
- углеродопроводы.

По материалу труб трубопроводы подразделяются на:

- металлические;
- неметаллические;
- футерованные.

По типу укладки трубопроводы подразделяются на:

- подземные;
- наземные;
- надземные;
- подвесные;
- подводные.

По гидравлической схеме трубопроводы подразделяются на:

- простые, то есть не имеющие ответвлений;
- сложные, то есть имеющие ответвления или переманенный по длине расход, или вставку другого диаметра, или параллельный участок.

По степени агрессивности транспортируемого вещества трубопроводы подразделяются на:

- трубопроводы для неагрессивных сред;

					Общие сведения о трубопроводах	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

- трубопроводы для мало агрессивных сред;
- трубопроводы для средне агрессивных сред;
- трубопроводы для высоко агрессивных сред [2].

## 1.2 Технологические трубопроводы

Трубопроводная обвязка — это система труб, соединительной арматуры и контрольно-измерительного оборудования для объединения комплекта различных устройств, приборов и оборудования в единую рабочую систему, то есть являющаяся технологическим трубопроводом.

Технологическими называют трубопроводы промышленных предприятий, по которым транспортируются сырье, полуфабрикаты и готовые продукты, пар, вода, топливо, реагенты и другие материалы, обеспечивающие выполнение технологического процесса и эксплуатацию оборудования, отработанные реагенты и газы, различные промежуточные продукты, полученные или использованные в технологическом процессе, отходы производства.

В состав технологических трубопроводов входят:

- прямые участки (линии);
- фасонные детали (отводы, переходы, тройники, заглушки);
- опоры и подвески;
- крепежные детали (болты, шпильки, гайки, шайбы);
- запорно-регулирующая арматура;
- контрольно-измерительные приборы и средства автоматизики;
- тепловая и антикоррозионная изоляция [3].

К технологическим трубопроводам относятся:

- трубопроводы между местами соединения с линейной частью магистрального трубопровода на входе и выходе нефтеперекачивающей станции, включая трубопроводную арматуру;
- трубопроводы, входящие в состав резервуарных парков и обвязки резервуаров;

					Общие сведения о трубопроводах	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

- трубопроводы сброса давления от предохранительных клапанов, системы сглаживания волн давления, обвязки емкостей сброса ударной волны, откачки из емкостей сбора утечек;
- трубопроводы сливных и наливных эстакад;
- трубопроводы, обеспечивающие опорожнение стендеров морских терминалов, установок для рекуперации паров нефти;
- дренажные трубопроводы и трубопроводы для утечек от насосных агрегатов, дренажа фильтров-грязеуловителей, регуляторов давления, узлов учета нефти/нефтепродуктов.

По характеру размещения на промышленном объекте технологические трубопроводы делятся на:

- внутрицеховые – трубопроводы, которые соединяют агрегаты, машины и аппараты технологических установок одного цеха;
- межцеховые – трубопроводы, которые соединяют технологические установки разных цехов.

По температуре рабочей среды технологические трубопроводы подразделяются на:

- холодные – работают при температуре среды  $t_p \leq 50$  °С;
- горячие – работают при температуре среды  $t_p > 50$  °С.

В зависимости от условного давления среды трубопроводы подразделяются:

- вакуумные - работают при абсолютном давлении среды;
- среднего давления - работают при значении избыточного давления среды, находящегося в пределах от 1,5 до 10 МПа;
- высокого давления - работают при значении избыточного давления среды, находящегося в пределах от 10 до 100 МПа;
- безнапорные - трубопроводы, в которых среда движется самотёком (давление близко к атмосферному) [4].

					Общие сведения о трубопроводах	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## 2 Применение азота

### 2.1 Краткая характеристика азота

Инертные газы – не имеют ни запаха, ни цвета, ни вкуса, а также не подвергаются химическим реакциям при наборе заданных условий.

Газообразный азот - инертный газ без цвета и запаха плотностью 1,25046 кг/м<sup>3</sup> при 0 °С и давлении 101,3 кПа. Удельный объем газообразного азота равен 860,4 дм<sup>3</sup>/кг при давлении около 10 Па и температуре 290 К [5].

Азот применяется для образования инертной среды в процессе высокотемпературной обработки, хранения и перемещения легко окисляемых материалов, а также для консервации металлических трубопроводов и сосудов. Жидкий раствор используется как хладагент или пропускается через специальное оборудование (газификатор) для газообразования.

Благодаря тому, что данный газ не поддерживает горение, он обеспечивает безопасность работы с материалами, которые легко поддаются воспламенению, и часто применяется в установках пожаротушения. Помимо этого, технический азот позволяет реализовать множество технологических операций в разных сферах промышленности, поэтому имеет востребованность в:

- металлургии;
- химической индустрии;
- нефтегазовой промышленности;
- медицине;
- производстве стекла и электроники;
- обработке отходов;
- упаковке товаров питания и др.

					Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Стебелев Л.А.</i>			Применение азота	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Павлов М.С.</i>					25	103
<i>Рук.</i>	<i>ООП</i>	<i>Брусник О.В.</i>				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б		

## 2.2 Применение азота в нефтегазовой отрасли

Во-первых, азот применяется в технологическом процессе поддержания пластового давления. Путем нагнетания азота в газовую «шапку» нефтяной залежи удастся добиться повышения коэффициента «гравитационного вытеснения нефти». Также азот, ввиду плохой смешиваемости с нефтью, постепенно становится барьером между нефтяной и газовой частями скважины, что дополнительно минимизирует риски негативных последствий их взаимодействия.

В ситуациях, когда имеет место быть «защемление» малоподвижной высоковязкой нефти, бурение дополнительных скважин может привести к серьезным экономическим потерям для проекта. Поэтому в таких ситуациях азот используется для понижения вязкости нефти и повышения коэффициента «гравитационного вытеснения», что позволяет быстро и без серьезных затрат поднять на поверхность «труднодоступную» нефть.

При наличии больших запасов природного газа в газовой шапке и значительной выработке нефтяной части залежи, азот применяется для извлечения объемов природного газа путем закачки больших объемов внутрь скважины.

Так же на различных производствах нефтегазовой отрасли азот используют в качестве импульсного газа. Импульсный газ — это отбираемый из технологических трубопроводов обвязки КС газ для использования в пневмогидравлических системах приводов запорной арматуры: пневмоприводных кранов технологического, топливного и пускового газов, для подачи газа к контрольно-измерительным и регулирующим приборам.

В пневмогидравлической системе привода крана производится преобразование потенциальной энергии сжатого газа в механическую работу по перемещению запорного шарового узла.

Ещё одним способом применения азота это создания инертной среды в полости магистральных газопроводов в целях предотвращения образования взрывоопасных смесей газов и коррозии материала труб.

					Применение азота	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Использование азота экономически целесообразно и в других сопутствующих задачах:

– проверка надежности трубопроводов и специализированных емкостей на герметичность (азот под высоким давлением закачивается в трубопровод, что позволяет обнаружить и оперативно исправить слабые места);

– продувка, осушка трубопроводов и емкостей, а также удаление кислорода и других газов (трубопроводы после прокладки и ремонта обязательно продувают азотом, точка росы которого  $-50^{\circ}\text{C}$  и ниже, что позволяет вытеснить кислород, а также осушить и вытеснить влагу и другие вредные для нефтепродуктов вещества и газы);

– тушение подземных пожаров и прочих возгораний в закрытых объемах без ущерба месторождению или объекту (тушение без использования воды и других химических веществ).

					Применение азота	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3 Характеристика объекта исследования

Объект исследования – трубопроводная обвязка установки компримирования азота, расположенная в компрессорном цехе (рисунок 3.1, рисунок 3.2).

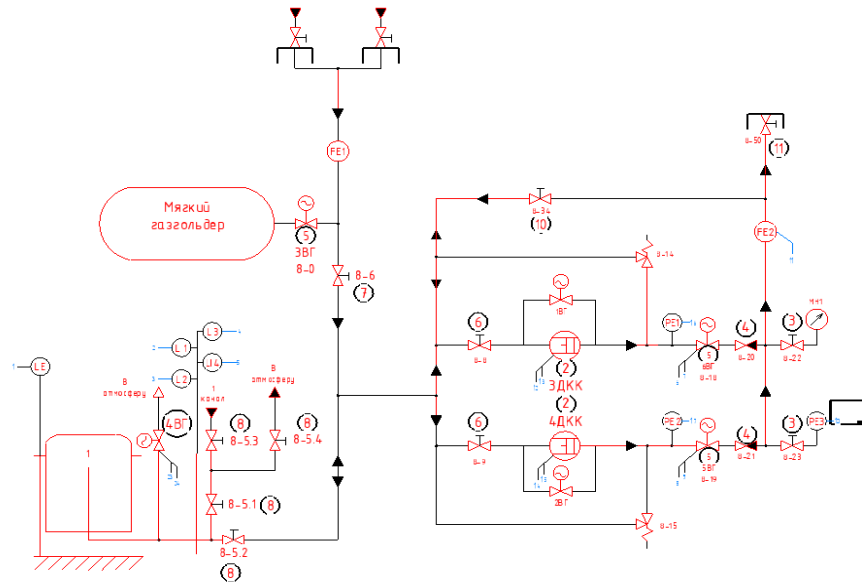


Рисунок 3.1 – Технологическая схема установки компримирования

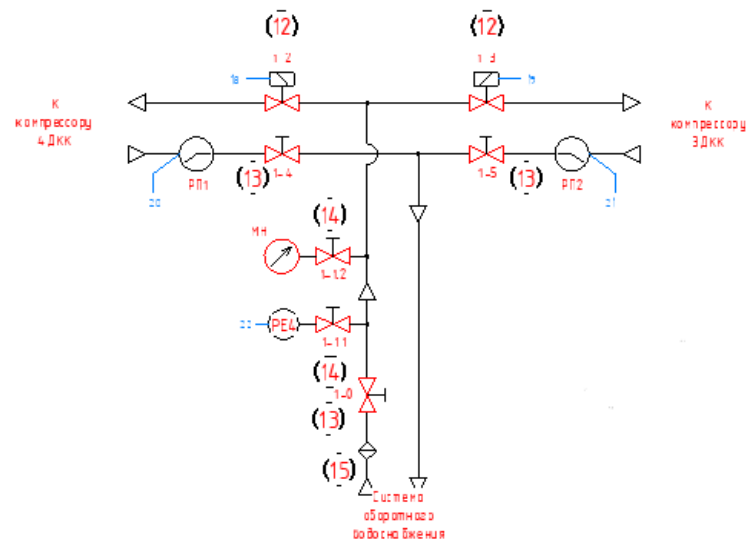


Рисунок 3.2 – Технологическая схема системы охлаждения компрессоров

					Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Стебелев Л.А.				Характеристика объекта исследования	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Павлов М.С.						28	103
Рук.	ООП Брусник О.В.					Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б		

Обозначения, использованные в технологической схеме, представлены в приложении А.

В качестве компрессорных агрегатов в данной установке предусмотрены мембранная компрессорная станция Ковинт КСВД-М 2-20/0.1-90 в количестве двух штук (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Компрессорная станция Ковинт КСВД-М 2-20/0.1-90  
Характеристики данного компрессора приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Характеристики компрессорная станция Ковинт КСВД-М 2-20/0.1-90

Название технической характеристики	Единица измерения	Значение технической характеристики
Производитель		ООО «Ковинт» (Россия)
Тип		мембранный двухступенчатый
Режим работы		круглосуточный/непрерывный
Герметичность	мбар*л/с	$\leq 10^{-4}$
Давление рабочее на всасывании	МПа изб	0.1
Давление рабочее на нагнетании	МПа изб	9.0
Температура газа на всасывании	°С	минус 40 ... + 40

Продолжение таблицы 3.1

Производительность при рабочем давлении на всасывании	Нм <sup>3</sup> /ч	20.0
Тип привода		ременной
Газ		Газ азот 99.99%
Охлаждение		водяное
Давление воды	МПа	0.25 ... 0.6
Температура окружающей среды	°С	+ 1 ... + 40
Частота вращения коленчатого вала	об/мин	450
Частота вращения вала электродвигателя	об/мин	1460
Габариты ДхШхВ	мм	1940x1290x1122
Вес	кг	1750

В данной технологической обвязке используются трубы различного диаметра. Используемые трубы являются стальными бесшовными трубами и соответствуют ГОСТу 8732-78 Характеристика используемых труб приведена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристики используемых труб

Наружный диаметр, мм	Условный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Масса 1м трубы, кг
33,7	25	3,2	2,41
26,9	20	3,2	1,87
21,3	15	3,2	1,43
21,3	15	2,0	1,21
60,3	50	4,0	5,55
88,9	80	5,6	11,33

Марка стали труб, используемых в технологической обвязке установки компримирования и системе охлаждения компрессоров должен соответствовать ГОСТу 8731-74.

Согласно предоставленным данным, марка стали для труб и деталей трубопроводной обвязки установки компримирования принимается 10Г2, для системы охлаждения компрессоров принимается сталь марки 10. Данные марки стали соответствуют ГОСТу ГОСТу 8731-74 [6].

Ниже в таблице 3.3 приведены механические свойства данных марок стали.

Таблица 3.3 – Механические свойства стали согласно ГОСТу 8731-74

Марка стали	Временное сопротивление разрыву, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %
10Г2	421	265	21
10	353	216	24





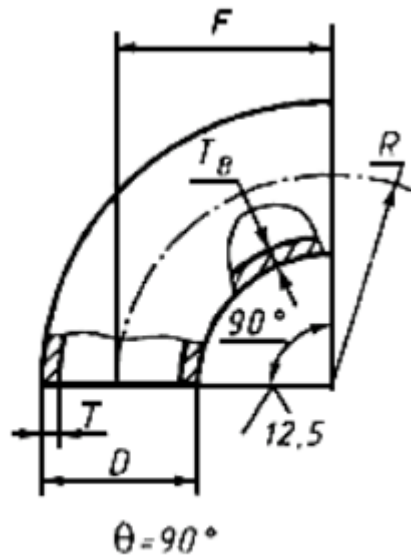


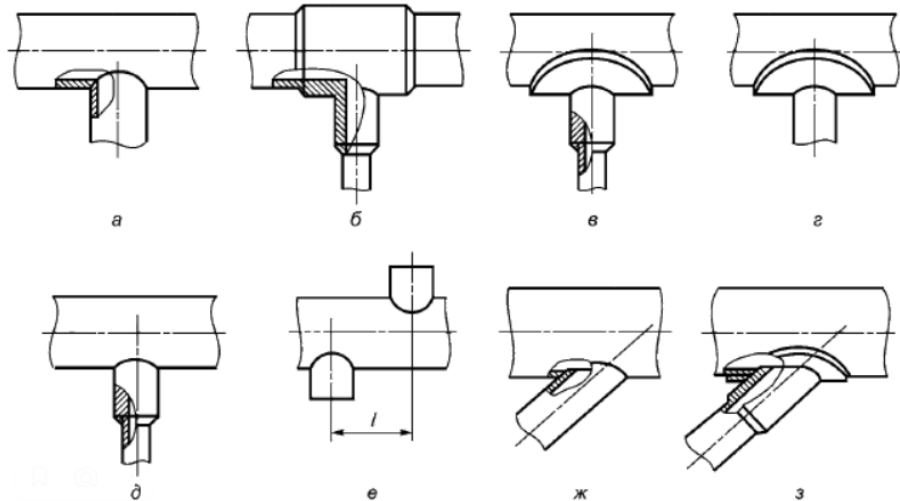
Рисунок 4.1 – Конструкция отвода

Размеры используемых в обвязке отводов представлены далее в таблице 4.1.

Таблица 4.1– Размеры отводов

DN, мм	D, мм	T, мм	F=R, мм	H, мм	C, мм	B, мм	Масса, кг
15	21,3	3,2	28	14	56	38	0,06
20	26,9	3,2	29	14	58	43	0,08
25	33,7	3,2	38	18	76	56	0,16

Ответвление от трубопровода выполняют одним из способов, показанных на рисунке 4.2.



а - без укрепления; б - с помощью тройника; в - укрепленное штуцером и накладкой; г - укрепленное накладкой; д - укрепленное штуцером; е - крестообразное; ж - наклонная врезка без укрепления; з - наклонная врезка с укреплением штуцером и накладкой

Рисунок 4.2 – Ответвления и тройники на технологических трубопроводах

Не допускается усиление ответвлений с помощью ребер жесткости.

В данной технологической схеме применяются бесшовные приварные равнопроходные тройники (рисунок 4.3).

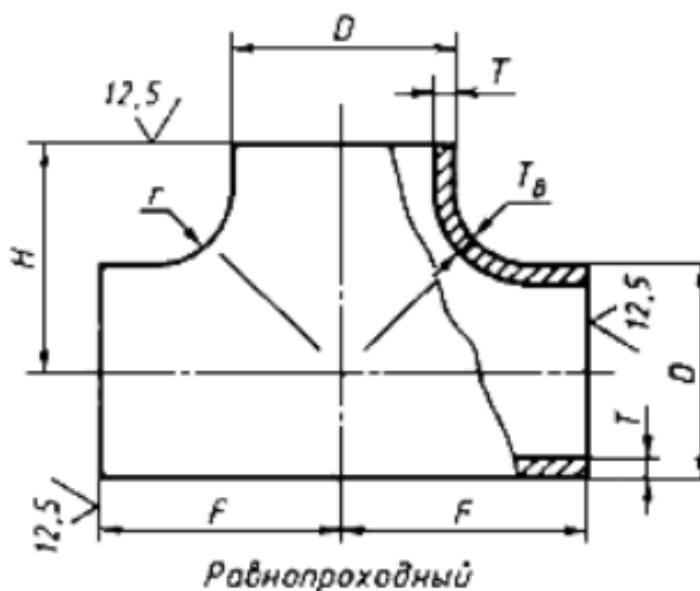


Рисунок 4.3– Схема используемых тройников

Размеры используемых в обвязке тройников представлены далее в таблице 4.2.

Таблица 4.2 –Характеристики используемых тройников

					Технические решения при проектировании трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

DN, мм	D, мм	T, мм	D <sub>1</sub> , мм	T <sub>1</sub> , мм	F, мм	H, мм	Масса, кг
15	21,3	3,2	21,3	3,2	56	38	0,06
20	26,9	3,2	26,9	3,2	58	43	0,08
25	33,7	3,2	33,7	3,2			

Для отводов и тройников данного исполнения предельные отклонения от размеров должны соответствовать значениям по ГОСТ 17380-2001 и не должны превышать:

Для деталей, внутренний диаметр которых не превышает 60 мм:

- для D и D<sub>1</sub> +1,6 мм,
- для T и T<sub>1</sub> -12,5 %,
- для F и H ±1,6 мм,
- для B и C ±6,3 мм.

В данной трубопроводной обвязке присутствуют трубы различных диаметров и для соединения таких труб предусмотрены специальные бесшовные конические приварные переходы (рисунок 4.4). Размеры и конструкция которых должна соответствовать ГОСТу 17378-2001 и приведены в таблице 4.3.

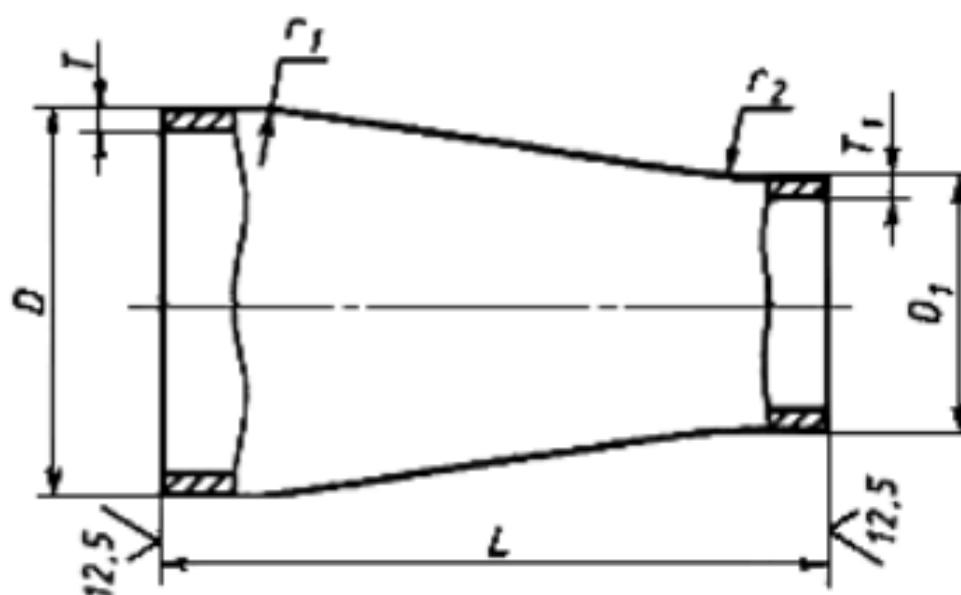


Рисунок 4.4 – Конструкция конического перехода

Таблица 4.3 – Параметры конического перехода

DN, мм	D мм	T мм	D <sub>1</sub> мм	T <sub>1</sub> мм	L мм	Масса, кг
20	26,9	3,2	21,3	3,2	38	0,07
25	33,7	3,2	26,9	3,2	51	0,12

Трубопроводную арматуру следует располагать в доступных для ее обслуживания местах и, как правило, группами. Маховик арматуры с ручным приводом должен располагаться на высоте не более 1,8 м от уровня пола или площадки обслуживания. При установке арматуры на вертикальном трубопроводе (стояке) это расстояние принимается от оси маховика.

Установку арматуры с электроприводом следует предусматривать, как правило, на горизонтальных участках с вертикальным расположением шпинделя [8].



Исходным объектом для применения МКЭ является материальное тело (в общем случае – область, занимаемая сплошной средой или полем), которое разбивается на части – конечные элементы. В результате разбивки создаётся сетка из границ элементов. Точки пересечения этих границ образуют узлы. На границах и внутри элементов могут быть созданы дополнительные узловые точки. Совокупность всех конечных элементов и узлов является основной конечно-элементной моделью деформируемого тела. Дискретная модель должна максимальна полно покрывать область исследуемого объекта (рисунок 5.1).

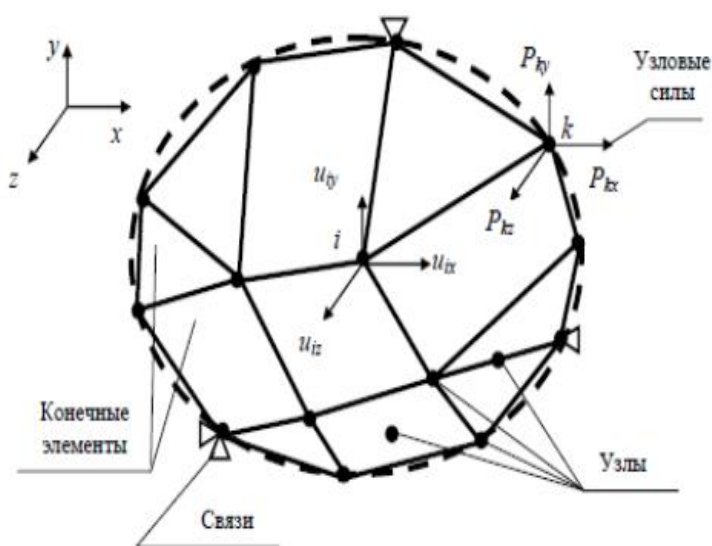


Рисунок 5.1 – Конечные элементы

Выбор типа, формы и размера конечного элемента зависит от формы тела и вида напряженно-деформированного состояния. В тех зонах деформируемого тела, где ожидаются большие градиенты напряжений, нужно применять более мелкие конечные элементы. Конечные элементы наделяются различными свойствами, которые задаются с помощью констант и опций. Все элементы и узлы нумеруются. Нумерация узлов бывает общей (глобальной) для всей конечно-элементной модели и местной (локальной) внутри элементов. Нумерация элементов и общая нумерация узлов производится так, чтобы трудоёмкость вычислений была минимальна. Существуют алгоритмы оптимизации этой нумерации. Должны быть определены массивы связей

между номерами элементов и общими номерами узлов, а также между местными и общими номерами узлов.

Для расчёта полей различных физических величин с помощью МКЭ в рассматриваемой области необходимо определить материалы элементов и задать их свойства. В задачах деформирования в первую очередь указываются упругие свойства – модуль упругости и коэффициент Пуассона.

Состояние тела характеризуется конечным числом независимых параметров, определенных в узлах конечно-элементной сетки. Такие параметры называются степенями свободы. В деформационных задачах в качестве степеней свободы используются перемещения узлов, среди компонентов которых могут быть и угловые перемещения. Перемещения внутри элемента описываются функцией координат [9].

$$\{u\} = [F]\{\alpha\}, \quad (1)$$

где  $\{u\}$  – вектор узловых перемещений;

$[F]$  - координатная матрица;

$\{\alpha\}$  – вектор неизвестных коэффициентов

Узловые перемещения являются неизвестными и через них выражаются все соотношения метода конечных элементов. Линейную деформацию внутри конечного элемента можно описать формулами Коши

$$\{\varepsilon\} = [A]\{u\} = [B]\{u_i\}, \quad (2)$$

$$[B] = [A][N], \quad (3)$$

где  $[A]$  – матрица операций дифференцирования

Напряжения определяются по закону Гука:

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\} = [D][B]\{u_i\}, \quad (4)$$

где  $[D]$  – матрица упругости, определяемая свойствами материала.

Основная формула метода конечных элементов имеет вид:

$$[K]\{u_i\} = \{p_i\}, \quad (5)$$

$$[K] = \iiint [B]^T [D] [B] dV, \quad (6)$$

где  $[K]$  - матрица жёсткости конечного элемента.

Основные этапы решения задач с применением МКЭ можно представить в виде схемы (рисунок 5.2).



Рисунок 5.2 – Основные этапы решения задачи с применением МКЭ

Первый этап включает создание геометрии модели конструкции, пригодной для МКЭ, с учетом всех параметров, которые могут оказать существенное влияние на результаты расчетов.

На этой стадии кроме ввода геометрических параметров конструкции задаются физические свойства материалов, из которых она изготовлена. На этапе создания сетки конечных элементов выясняется целесообразность использования различных видов конечных элементов (оболочечных, балочных, пластин и т.д.) в рассматриваемой модели, выполняются мероприятия по созданию максимально возможного количества областей с регулярной сеткой конечных элементов.

На третьем этапе моделируются граничные условия и учитывается действие активных сил и наложенных на систему связей. Приложение силовых факторов должно учитывать особенности реальной работы конструкции при рассматриваемых режимах эксплуатации. Количество связей должно быть достаточным, чтобы обеспечить построение кинематически неизменяемой модели.



Численное решение систем уравнений выполняется автоматически с использованием ЭВМ.

Заключительный этап включает анализ полученных результатов путем получения полей законов распределения напряжений и деформаций, а также построения необходимых графических зависимостей либо табличных форм представления результатов.

## 5.2 Построение модели

Для проведения анализа напряжённо-деформированного состояния трубопроводной обвязки компримирования инертного газа надо построить полноразмерную трёхмерную модель в специализированных программах.

Для выполнения данной задачи был выбран программный комплекс трёхмерного моделирования «Компас-3D». КОМПАС-3D широко используется для проектирования изделий основного и вспомогательного производств в таких отраслях промышленности, как машиностроение (транспортное, сельскохозяйственное, энергетическое, нефтегазовое, химическое и т.д.), приборостроение, авиастроение, судостроение, станкостроение, вагоностроение, металлургия, промышленное и гражданское строительство, товары народного потребления.

Для построения модели было использовано внутреннее оборудование КОМПАС-3D Трубопроводы — специализированное приложение системы КОМПАС-3D, предназначенное для быстрого проектирования гидравлических и пневматических систем, различных инженерных коммуникаций, обвязок машин и оборудования, автоматического создания комплекта документации для изготовления трубопроводов.

В процессе построения траектории автоматически строится и сам трубопровод, для задания параметров которого предусмотрена специальная панель. В зависимости от геометрии осевой линии выполняется автоматический подбор деталей трубопровода. Если траектория совершает поворот, автоматически размещается отвод либо сгиб трубы, а если труба

					Анализ напряжённо-деформированного состояния трубопроводной обвязки установки компримирования инертного	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

пересекается с другой трубой, то в этом месте появляется тройник либо врезка. Радиусы поворотов определяются автоматически в зависимости от выбранного диаметра трубы

Трубопровод отображается в дереве построения модели отдельным объектом, что делает навигацию по проекту более удобной.

Приложение также позволяет размещать элементы трубопроводов (запорную арматуру, фланцы, фильтры, клапаны и т. д.), подрезать торцы труб, редактировать диаметр труб и толщину стенки. В качестве деталей и арматуры трубопровода можно использовать как компоненты из каталога приложения, так и компоненты из Библиотеки Стандартные Изделия.

Согласно технологической схеме трубопроводной обвязки была построена трёхмерная модель установки компримирования (рисунок 5.3) и системы охлаждения компрессоров (рисунок 5.4).

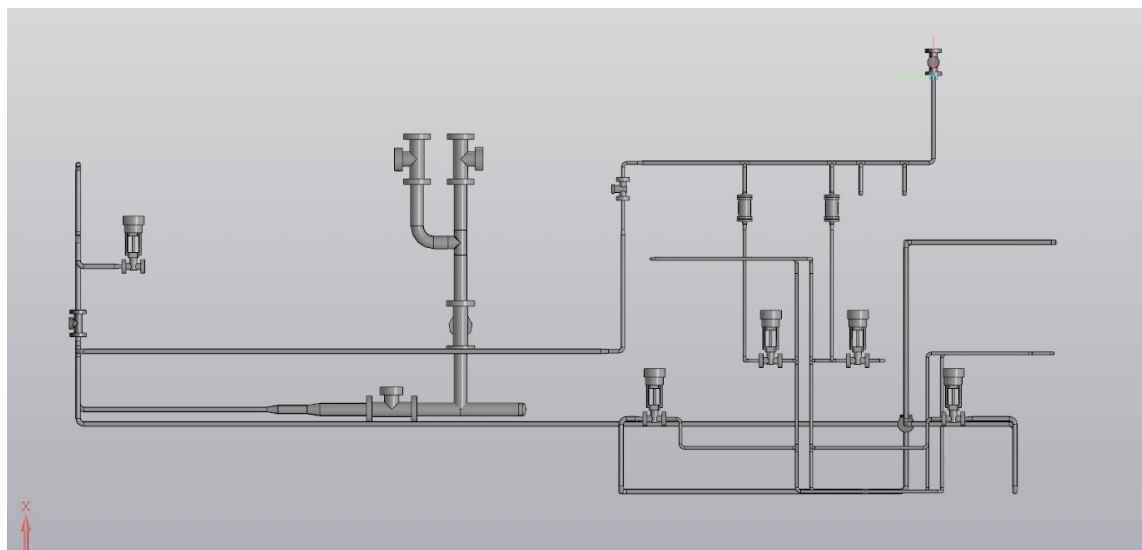


Рисунок 5.3– Трёхмерная модель трубопроводной обвязки установки компримирования (вид слева)

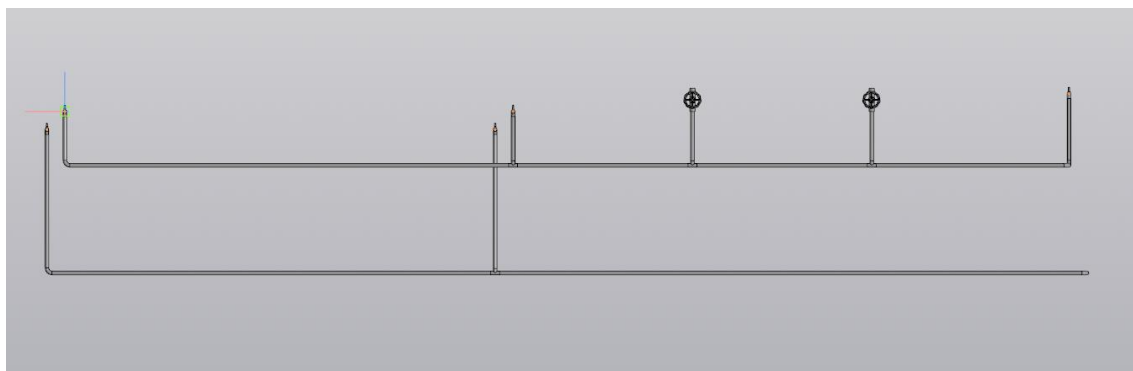


Рисунок 5.4– Трёхмерная модель системы охлаждения компрессоров

### 5.2.1 Проектирование трубопроводных опор

Трубопроводы следует монтировать на опорах или подвесках. Расположение опор (неподвижных, скользящих, катковых, пружинных и т.п.), подвесок и расстояние между ними определяются проектом.

Поскольку в проекте не были предусмотрены опоры трубопроводов и не обозначены места их расположения следует произвести подбор опор для трубопровода, определить места крепления трубопровода к опорам согласно существующих нормативно-технических документов, а также добавить опоры к уже существующей трёхмерной модели трубопровода.

Согласно ГОСТу 32569-2013 к трубопроводному опору предъявляются следующие требования:

- опоры и подвески следует располагать максимально близко к сосредоточенным нагрузкам, арматуре, фланцам, фасонным деталям и т.п;
- опоры и подвески располагают на расстоянии не менее 100 мм от сварных швов;
- для трубопроводов, подверженных вибрации, рекомендуется применять опоры с хомутом;
- при выборе опор следует отдавать предпочтение "открытой" конструкции опоры для обеспечения возможности доступа при проведении толщинометрии.

Опоры под трубопроводы должны устанавливаться с соблюдением следующих требований:

					Анализ напряжённо-деформированного состояния трубопроводной обвязки установки компримирования инертного	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

- а) они должны плотно прилегать к строительным конструкциям;
- б) уклон трубопровода проверяют приборами или специальными приспособлениями (нивелиром, гидростатическим уровнем и др.);
- в) подвижные опоры и их детали (верхние части опор, ролики, шарики) должны устанавливаться с учетом теплового удлинения каждого участка трубопровода, для чего опоры и их детали необходимо смещать по оси опорной поверхности в сторону, противоположную удлинению;
- г) тяги подвесок трубопроводов, не испытывающих тепловых удлинений, должны быть установлены отвесно; тяги подвесок трубопроводов, испытывающих тепловые удлинения, должны устанавливаться с наклоном в сторону, противоположную удлинению;
- д) пружины опор и подвесок должны быть затянуты в соответствии с указаниями в проекте; на время монтажа и гидравлического испытания трубопроводов пружины разгружают распорными приспособлениями;
- е) опоры, устанавливаемые на дне лотков и каналов, не должны препятствовать свободному стоку воды по дну лотка или канала [10].

Исходя из вышеперечисленных сведений и согласно ОСТ 36 94-83 для крепления технологического трубопровода была выбрана опора ОПХ-1 (рисунок 5.5), размеры которой представлены в таблице 5.1. Данная опора предназначена для компенсации вертикальных нагрузок, действующих от стальных технологических трубопроводов различного назначения, транспортирующих рабочую среду температурой от 0 до плюс 450°С и давлением до 10 Мпа [11].

Материальное исполнение опоры в зависимости от минимальной температуры эксплуатации:

- Сталь 20 ГОСТ 1050-88 (до минус 40 °С);
- Сталь 09Г2С ГОСТ 19281 – 89 (до минус 60°С).

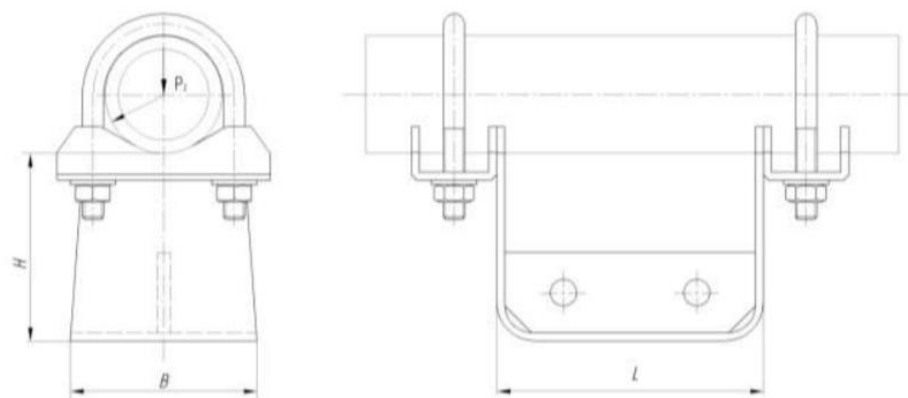


Рисунок 5.5 – Чертёж трубопроводной опоры ОПХ-1

Таблица 5.1 – Размеры опоры ОПХ-1

$D_H$ , мм	$B$ , мм	$H$ , мм	$L$ , мм
21,3	70	70	100
26,9	70	70	100
33,7	70	70	100

Готовая опора представлена рисунке 5.6. На рисунке 5.7 показана модель трубопроводной обвязки с данными опорами.

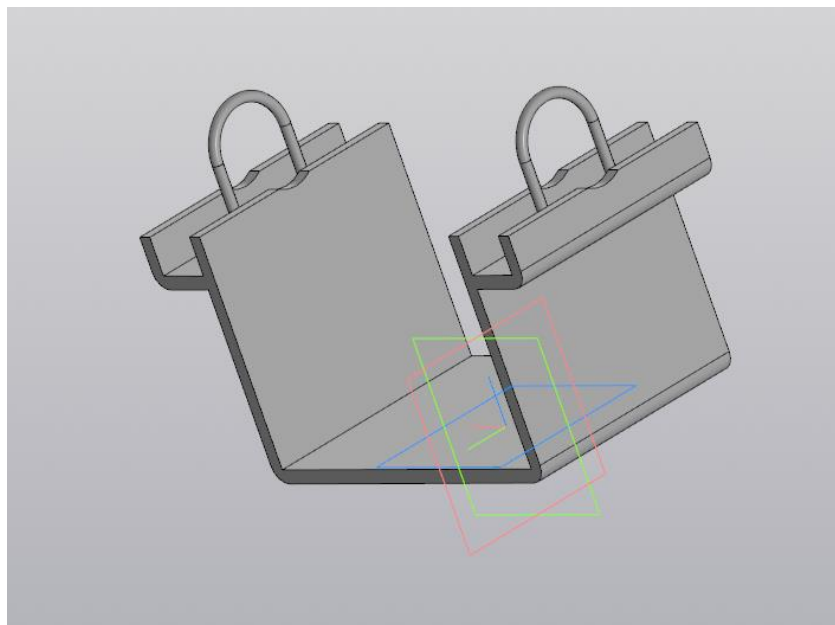


Рисунок 5.6 – Модель опоры ОПХ-1

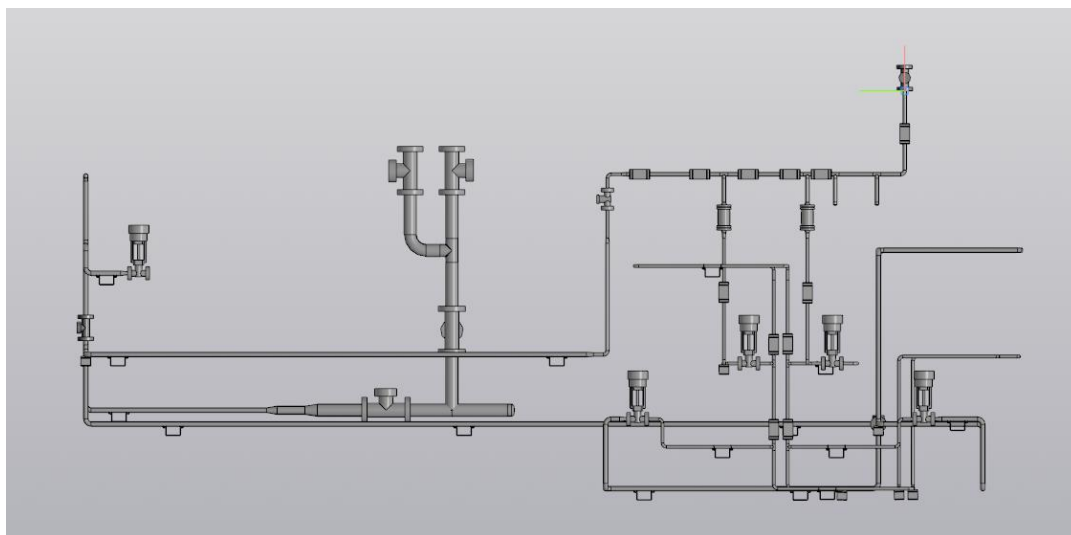


Рисунок 5.7 – Модель трубопроводной обвязки с опорами

### 5.2.2 Импорт геометрии в Ansys и подготовка модели к расчёту

Как правило, геометрические модели приходится дорабатывать или полностью переделывать перед выполнением численного моделирования. Это объясняется тем, что геометрические модели обычно создаются не с целью выполнения расчетов, а как один из этапов разработки детали или какого-либо устройства. Поэтому такие модели содержат детали изготавливаемой продукции. Расчетная геометрическая модель не должна содержать всех подробностей, которые усложняют расчет или делают его невыполнимым. Учёт всех мелких геометрических деталей ведёт в плохой обусловленности матрицы жёсткости метода конечных элементов. Что в свою очередь ведёт к неоправданному увеличению времени счёта и требуемой памяти вычислительной машины. Вследствие этого геометрическую модель следует упростить таким образом, что характерные размеры её элементов были одного порядка.

Перед тем, как выполнить импорт геометрической модели в расчетный модуль, необходимо выбрать тип анализа - 2D или 3D, а также типы импортируемых объектов - линии, поверхности, трехмерные тела.

Основной способ импорта геометрии состоит в том, что необходимо кликнуть левой кнопкой мыши по “Geometry”. Далее в контекстном меню выбирается Import geometry и Browse для поиска файла с моделью.

Как уже было сказано выше для ускорения численного моделирования модель следует упростить. В данной модели упрощению подлежит запорно-регулирующая арматура, поскольку она состоит из большого количества деталей и граней. При прочностном анализе воздействия внутреннего давления на трубопроводную обвязку запорно-регулирующая арматура не имеет решающего значения, поскольку при проектировании технологического трубопровода подобранная запорно-регулирующей арматуры должна выдерживать условия эксплуатации указанные в паспорте изделия, за это несёт ответственность завод изготовитель. Но необходимо соблюдать массу запорно-регулирующей арматуры, так как это влияет на деформацию трубопровода. Пример упрощения запорной арматуры представлен на рисунке 5.8.

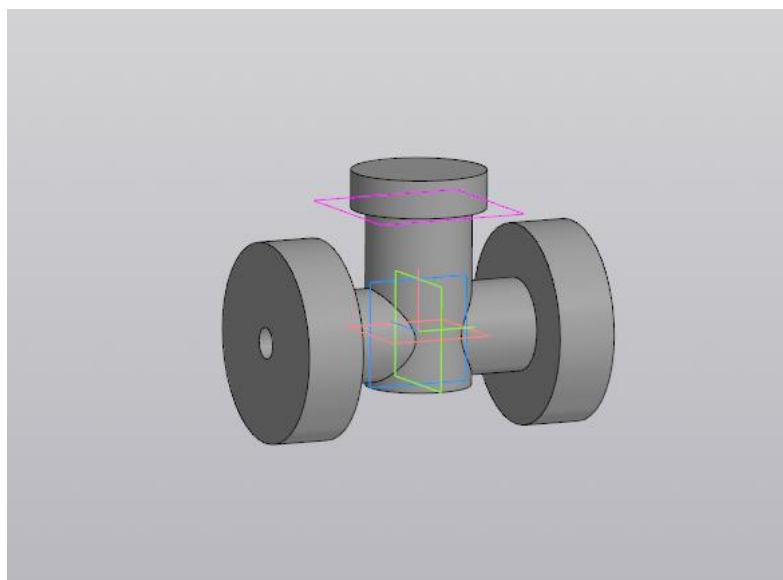


Рисунок 5.8 – Пример упрощения фланцевого крана.

Один из основных этапов подготовки модели к расчёту является постановка контактных условий. Основная цель моделирования контактного взаимодействия – определение поверхности контакта и напряжений в месте контакта. Часто при решении задач механики, гидромеханики и других требуется ставить контактные условия между взаимодействующими объектами. Это вносит дополнительную нелинейность в постановку задачи. Наиболее распространенным является идеальный контакт (bonded),

подразумевающий полную склейку двух контактирующих объектов и работу их как единого целого без разделения. Этот тип контактного взаимодействия ставится между контактирующими телами по умолчанию и может быть изменен в процессе постановки задачи. Помимо контакта типа bonded бывают контакты с трением, без трения, без разделения и другие [12].

### 5.3 Конечно-элементная сетка трубопровода

На геометрической модели генерируется расчётная сетка, которая является базой для составления и решения системы уравнений в матричном виде. Есть два способа создания сетки:

– Автоматическое создание сетки с установками по умолчанию. При этом, чтобы оценить соответствие сетки решаемой задаче, можно предварительно посмотреть сетку до запуска расчёта.

– Генерация установок расчётной сетки пользователем. Пользователь сам имеет возможность определять характеристики и параметры создаваемой сетки.

Генерация расчётной сетки производилась в следующем порядке:

1) Определение типа анализа. Тип анализа был установлен автоматически, так как сетка генерировалась в системе Static Structural (прочностной анализ).

2) Установка метода создания расчётной сетки и задание параметров сетки (плотность, размеры, форма элементов).

3) Предварительный просмотр сетки, корректировка параметров.

4) Генерация конечно-элементной сетки.

5) Проверка качества созданной сетки.

Сгенерированная конечно-элементная сетка технологического трубопровода показана на рисунке 5.8. и 5.9.

					Анализ напряжённо-деформированного состояния трубопроводной обвязки установки компримирования инертного	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48



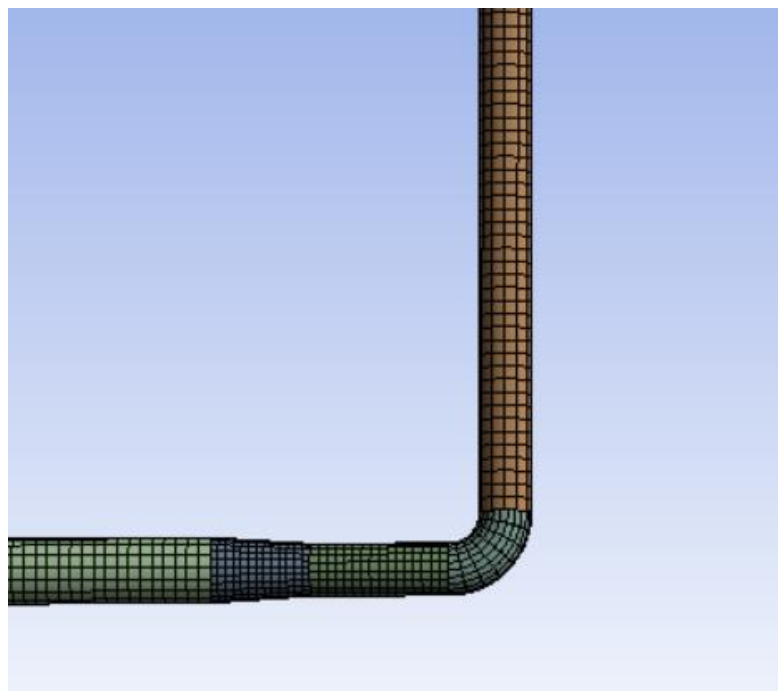


Рисунок 5.8– Конечно-элементная сетка одной из узлов технологического трубопровода.

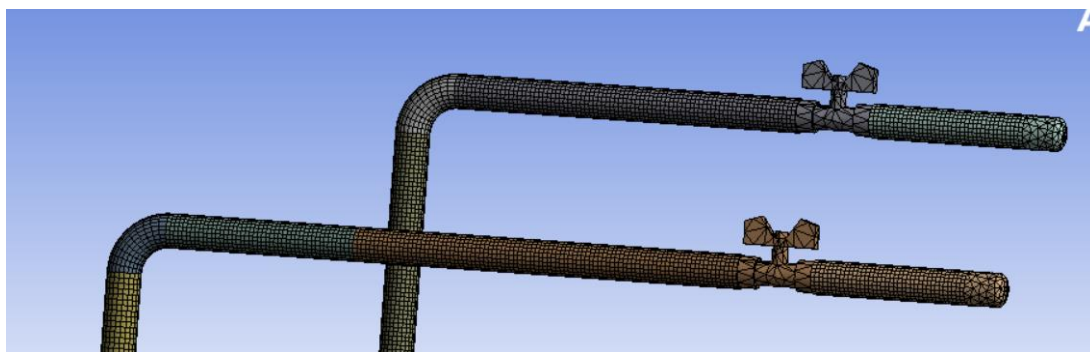


Рисунок 5.9 – Конечно-элементная сетка одного из узлов системы охлаждения

#### 5.4 Расчёт допускаемых напряжений

Расчеты труб и соединительных деталей на прочность проводят по номинальным допускаемым напряжениям. Номинальные допускаемые напряжения определяют по формулам:

- для углеродистых, низколегированных, ферритных, аустенитно-ферритных, мартенситных сталей и сплавов на железоникелевой основе

$$[\sigma] = \min \left( \frac{\sigma_{в/t}}{2,4} ; \frac{\sigma_{р/t} \text{ или } \sigma_{0,2/t}}{1,5} ; \frac{\sigma_{2 \cdot 10^5/t}}{1,5} ; \frac{\sigma_{1/2 \cdot 10^5/t}}{1,0} \right), \quad (7)$$

где,  $[\sigma]$ – допускаемые напряжения при расчетной температуре;

					Анализ напряжённо-деформированного состояния трубопроводной обвязки установки компримирования инертного	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

$\sigma_{B/t}$ —минимальное значение временного сопротивления (предела прочности) при растяжении при расчетной температуре °С, МПа;

$\sigma_{p/t}$ —минимальное значение предела текучести при расчетной температуре °С, МПа;

$\sigma_{0,2/t}$ —минимальное значение условного предела текучести (напряжение, при котором остаточное удлинение составляет 0,2%) при расчетной температуре °С, МПа;

$\sigma_{2 \cdot 10^5/t}$ —условный предел длительной прочности на ресурс  $2 \cdot 10^5$  ч при расчетной температуре °С, МПа;

$\sigma_{1/2 \cdot 10^5/t}$ —условный предел ползучести при растяжении, обуславливающий деформацию 1% за  $2 \cdot 10^5$  часов при расчетной температуре °С, МПа;

Поскольку данный технологический трубопровод является среднетемпературным, то согласно ГОСТ 32388-2013 при определении допускаемых напряжений для низко- и среднетемпературных трубопроводов характеристики длительной прочности  $\sigma_{2 \cdot 10^5/t}$  и  $\sigma_{1/2 \cdot 10^5/t}$  не используются [13].

При отсутствии данных об условном пределе текучести при 1%-ном остаточном удлинении допускается использовать значение условного предела текучести при 0,2%-ном остаточном удлинении  $\sigma_{0,2/t}$  при этом допускается коэффициент запаса по  $\sigma_{0,2/t}$  вместо 1,5 принимать равным 1,3.

Согласно формуле, допускаемое напряжение для стали марки 10Г2 равно [14]:

$$\frac{\sigma_{B/t}}{2,4} = \frac{421}{2,4} = 175,4 \text{ МПа}, \quad (8)$$

$$\frac{\sigma_{p/t}}{1,5} = \frac{265}{1,5} = 176,6 \text{ МПа}, \quad (9)$$

$$[\sigma] = \min \left( \frac{\sigma_{B/t}}{2,4}; \frac{\sigma_{p/t} \text{ ИЛИ } \sigma_{0,2/t}}{1,5}; \right) = 175,4 \text{ МПа}, \quad (10)$$

Согласно формуле, допускаемое напряжение для стали марки 10 равно:

$$\frac{\sigma_{в/t}}{2,4} = \frac{353}{2,4} = 147,1 \text{ МПа}, \quad (11)$$

$$\frac{\sigma_{р/t}}{1,5} = \frac{216}{1,5} = 144 \text{ МПа}, \quad (12)$$

$$[\sigma] = \min \left( \frac{\sigma_{в}}{2,4}; \frac{\sigma_{р} \text{ или } \sigma_{0,2}}{1,5}; \right) = 144 \text{ МПа}, \quad (13)$$

Внутреннее давление создаёт в стенках трубопровода кольцевые и продольные напряжения.

Кольцевые напряжения определяются по формуле:

$$\sigma_{кц} = \frac{n \cdot P \cdot D_{вн}}{2\delta}, \quad (14)$$

Где  $n$  – коэффициент перегрузки по внутреннему давлению ( $n = 1,1$ )

$P$  – нормативное значение внутреннего давления, МПа;

$D_{вн}$  – внутренний диаметр трубы, м;

$\delta$  – толщина стенки трубы, м.

Значения кольцевых напряжений для всех видов труб представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Значения кольцевых напряжений

$D_{вн}$ , м	$\delta$ , м	$p$ , МПа	$\sigma_{кц}$ , МПа
0,0273	0,0032	9,0	42,23
0,0205	0,0032	9,0	31,71
0,0149	0,0032	9,0	23,05
0,0173	0,002	0,6	2,85
0,0523	0,004	9,0	60,72
0,0777	0,0056	9,0	68,68

Продольные напряжения в стенке трубы от внутреннего давления определяются по формуле:

$$\sigma_{пр} = \mu \cdot \sigma_{кц} = \mu \cdot \frac{n \cdot P \cdot D_{вн}}{2\delta}, \quad (15)$$

Где  $\mu$  – коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона). Для сталей  $\mu = 0,26 \div 0,33$ , т.е. среднее значение  $\mu = 0,3$

Значения продольных напряжений для всех видов труб представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Значения продольных напряжений

$D_{вн}, м$	$\delta, м$	$p, МПа$	$\sigma_{пр}, МПа$
0,0273	0,0032	9,0	12,67
0,0205	0,0032	9,0	9,51
0,0149	0,0032	9,0	6,92
0,0173	0,002	0,6	0,86
0,0523	0,004	9,0	18,22
0,0777	0,0056	9,0	26,60

### 5.5 Результаты прочностного расчёта трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа

После того как создана трёхмерная модель и конечно-элементная секта трубопроводной обвязки, прикладывается давление на внутренние грани труб. Рабочее давление согласно таблице равно 9 Мпа для установки компримирования и 0,6 Мпа для системы охлаждения компрессоров. Так же при помощи инструмента Standard Earth Gravity моделируем деформацию обвязки под действием притяжения гравитации земли.

#### 5.5.1 Предварительная расстановка опор трубопроводной обвязки установки компримирования азота

Как видно на рисунке 5.10 без использования опор максимальные деформации трубопроводной обвязки, выделенные красным цветом, составляют 0,22 м. Данное значения деформация недопустимо для трубопроводных обвязок.

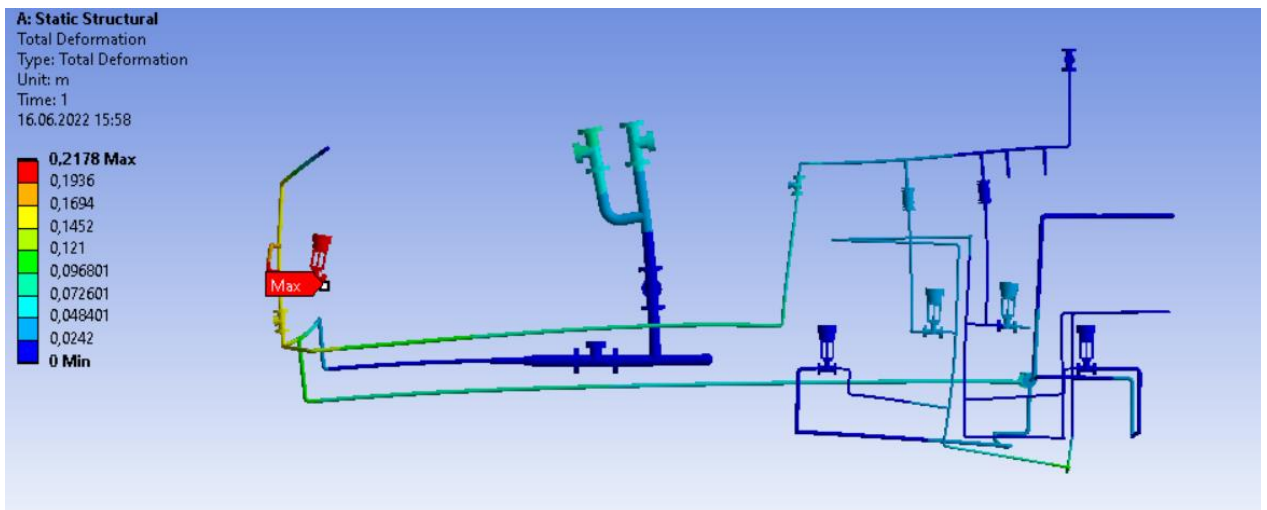


Рисунок 5.10 – Деформации трубопровода без использования опор

На рисунке 5.11 показаны деформации трубопроводной обвязки после добавления опор. Минимальное значение деформаций равно 0 м, выделены синим цветом. Видно, что большая часть технологического трубопровода имеет нулевые деформации или значения близкие к нулевым. Максимальное значение деформации составляет 0,0049 м и выделено красным цветом. Максимальное значение деформации является приемлемым, из этого можно сделать вывод, что предварительно расставленные опоры располагаются в необходимых местах.

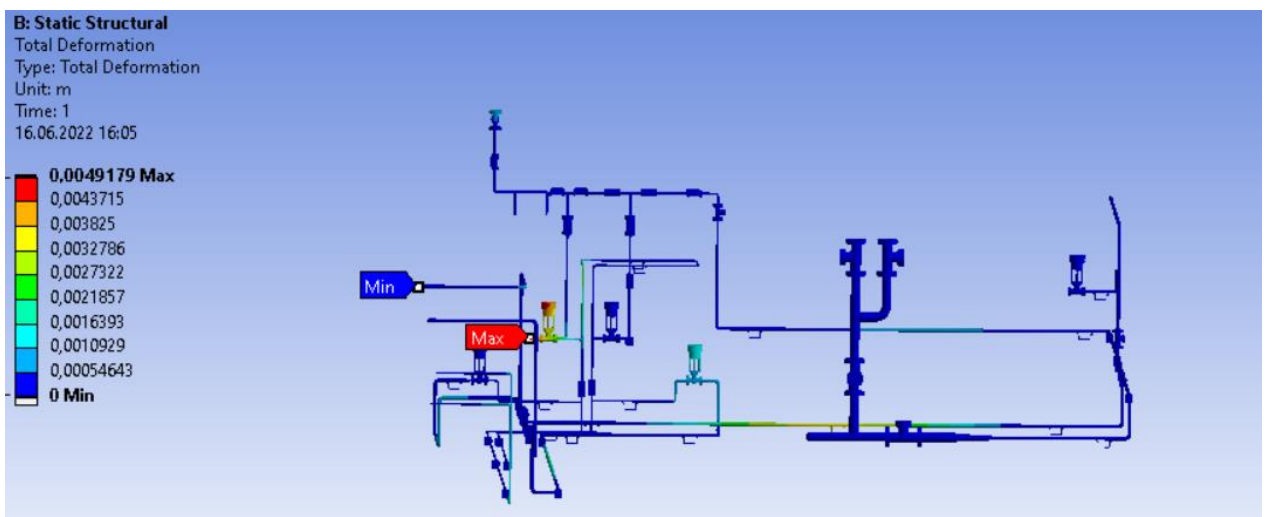


Рисунок 5. 11 – Деформации трубопровода после добавления опор

Для более точной расстановки опор следует проанализировать результат эквивалентного напряжения и сравнить его с предельно допусаемым напряжением, рассчитанным в пункте 5.4.

На рисунке 5.12 представлены эквивалентные напряжения трубопроводной обвязки. Минимальное значение выделено синим и составляет 12,4 Па. По большей площади обвязки напряжения минимальные. Максимальное значение напряжений выделено красным и составляет 279 МПа. Максимальное значение напряжения присутствует только в одно узле технологического трубопровода. Максимальное эквивалентное напряжение превышает максимально допустимое напряжения, рассчитанного в пункте 5.4.

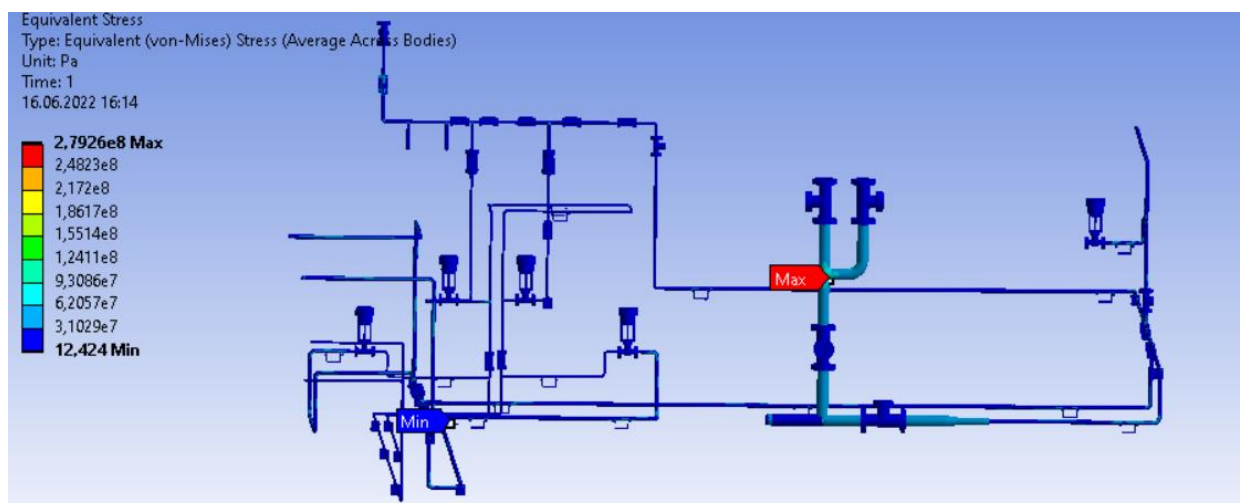


Рисунок 5.12 – Эквивалентные напряжения трубопроводной обвязки

Максимальное эквивалентное напряжение может превышать максимально допустимое напряжения в случаях если кольцевые или продольные напряжения превышают максимально допустимые расчётные значения кольцевых или продольных напряжений.

Произведём анализ кольцевых напряжений в данной модели. Как видно из рисунка 5.13 в узле, где эквивалентное напряжение превышает максимально допустимое, значения кольцевых напряжений меньше допустимых.

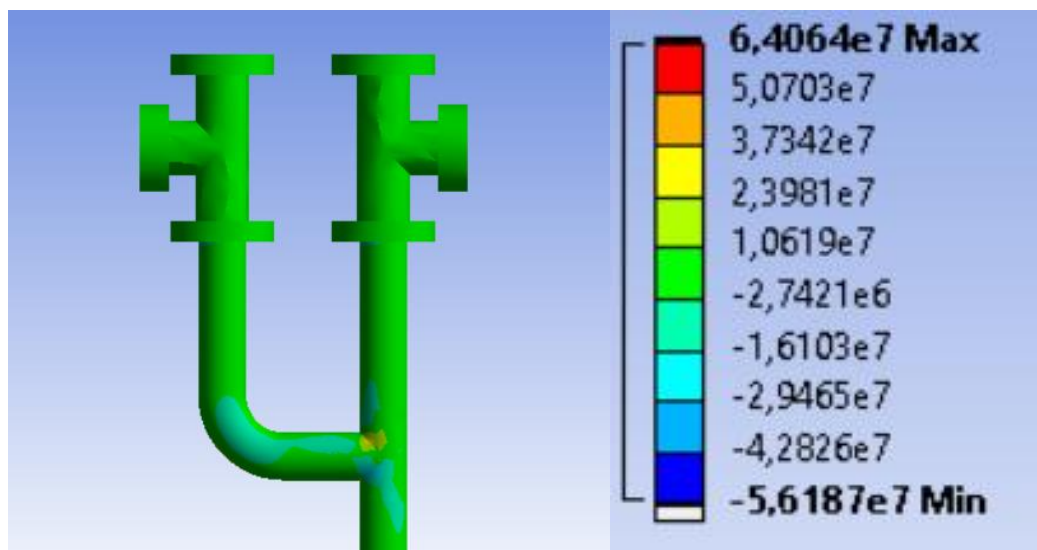


Рисунок 5.13 – Кольцевые напряжения в узле трубопроводной обвязки

Расчётное допустимое значения кольцевых напряжений для данного участка трубопровода согласно таблице 5.2 равняется 26,60 МПа. Максимальное значения кольцевых напряжений в данном узле трубопровода составляет 23 МПа.

Это свидетельствует о недостаточном закреплении участка трубопровода в данном узле.

### 5.5.2 Окончательное расставление опор трубопроводной обвязки установки компримирования азота

На рисунке 5.14 представлены эквивалентные напряжения трубопроводной обвязки. Минимальное значение выделено синим и составляет 10,1 Па. По большей площади обвязки напряжения минимальные. Максимальное значение напряжений осталось неизменным и составляет 278 МПа. Максимальное эквивалентное напряжение больше максимально допустимое напряжения, рассчитанного в пункте 5.4. Можно сделать вывод, что для решения данной проблемы придётся использовать другой метод. Следует выбрать марку стали класс прочности которой выше используемой. Согласно ГОСТу 8731-74 выбираем сталь марки 40Х. Механические свойства которой приведены в таблице 5.4

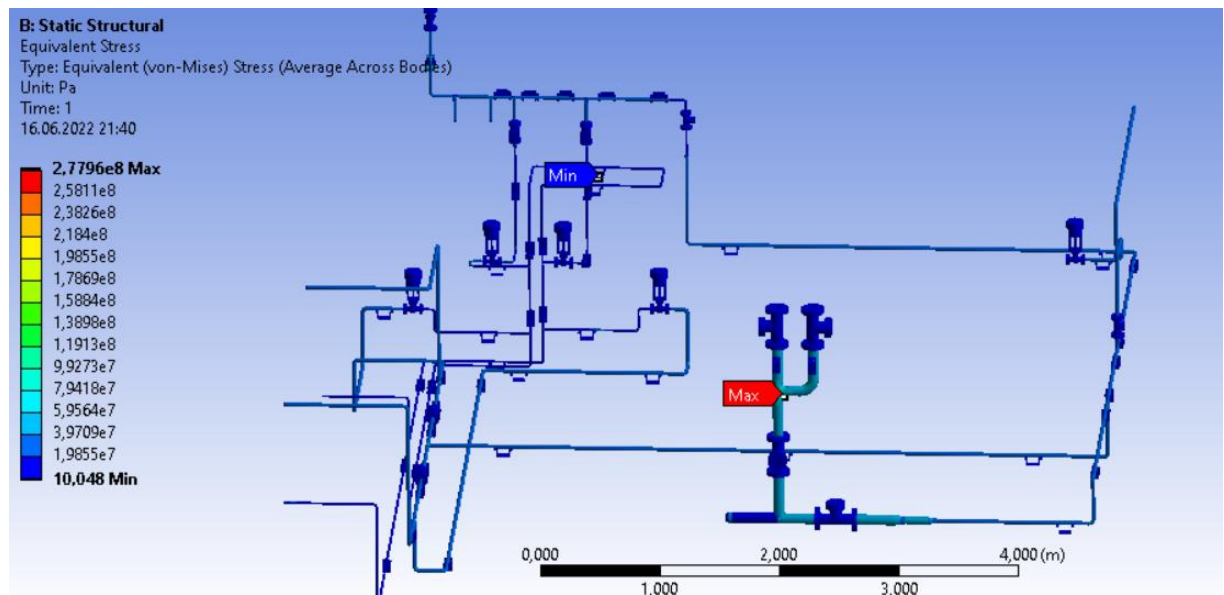


Рисунок 5.14 – Эквивалентное напряжение трубопроводной обвязки с окончательно расставленными опорами

Таблица – 5.4 Механические свойства стали 40Х

Марка стали	Временное сопротивление разрыву, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %
40Х	668	419	

Согласно формуле 7, допускаемое напряжение для стали марки 40Х равно:

$$\frac{\sigma_{B/t}}{2,4} = \frac{668}{2,4} = 278,3 \text{ МПа}, \quad (16)$$

$$\frac{\sigma_{p/t}}{1,5} = \frac{419}{1,5} = 279,3 \text{ МПа}, \quad (17)$$

$$[\sigma] = \min \left( \frac{\sigma_B}{2,4}; \frac{\sigma_{p \text{ или } \sigma_{0,2}}}{1,5}; \right) = 278,3 \text{ МПа}, \quad (18)$$

В данном случае максимальное эквивалентное напряжение меньше максимально допустимого. Из этого можно сделать вывод, что при замене материал выдержит напряжение создаваемые в трубопроводе, что в свою очередь приведёт к не возникновению аварийных ситуаций.



### 5.5.3 Предварительная расстановка опор системы охлаждения компрессоров

На рисунке 5.15 показаны деформации трубопроводной обвязки системы охлаждения после добавления опор. Минимальное значение деформаций равно 0 м, выделены синим цветом. Видно, что большая часть технологического трубопровода имеет нулевые деформации или значения близкие к нулевым. Максимальное значение деформации составляет 0,000075 м и выделено красным цветом. Максимальное значение деформации является приемлемым, из этого можно сделать вывод, что предварительно расставленные опоры располагаются в необходимых местах.

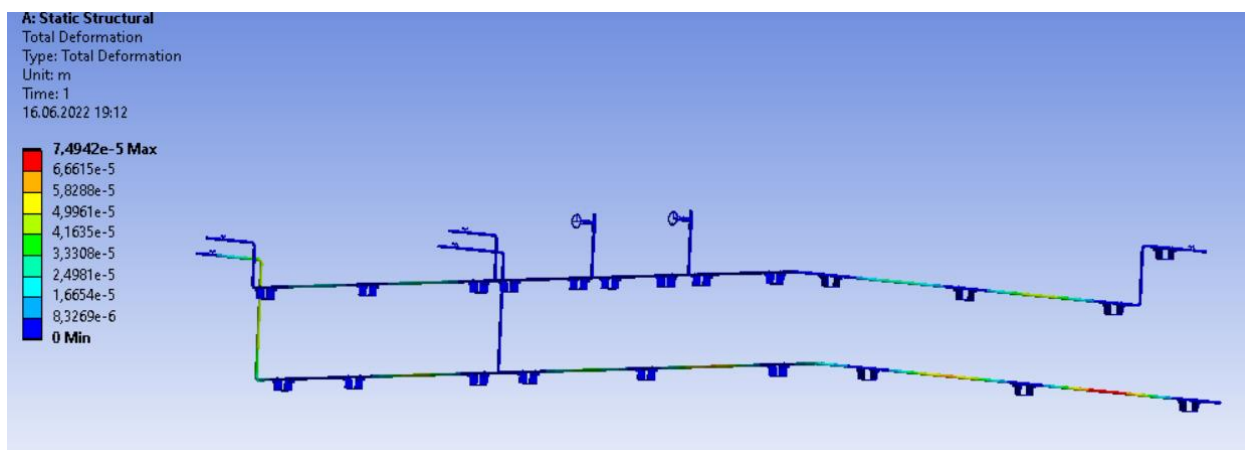


Рисунок 5.15 – Деформации трубопровода системы охлаждения после добавления опор

Для более точной расстановки опор следует проанализировать результат эквивалентного напряжения и сравнить его с предельно допустимым напряжением, рассчитанным в пункте 5.4.

На рисунке 5.16 представлены эквивалентные напряжения трубопроводной обвязки. Минимальное значение выделено синим и близится к нулю. По большей площади обвязки напряжения минимальные. Максимальное значение напряжений выделено красным и составляет 0,58 МПа. Максимальное эквивалентное напряжение гораздо меньше максимально допустимое напряжения, рассчитанного в пункте 5.4.

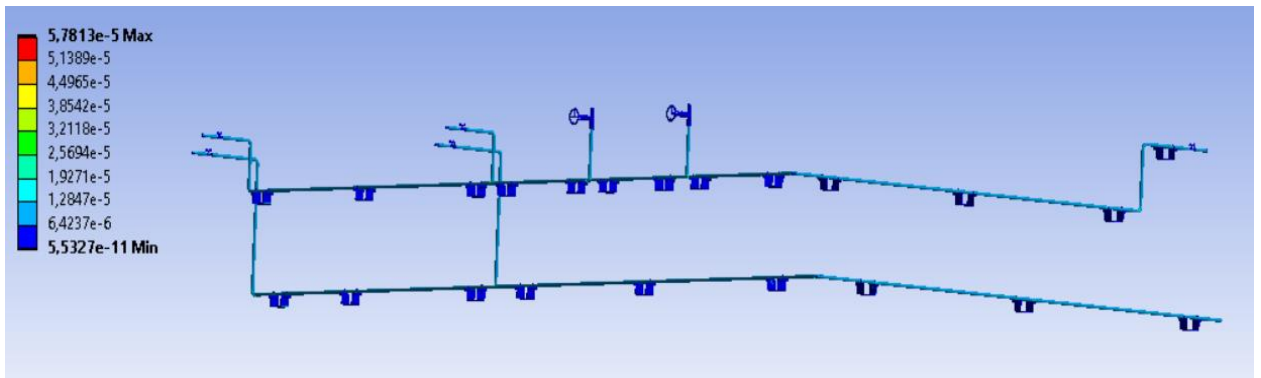


Рисунок 5.16 – Эквивалентные напряжения трубопроводной обвязки

Из этого можно сделать вывод, что материал, выбранный при проектировании системы охлаждения компрессоров выдержит напряжение создаваемые в трубопроводе, что в свою очередь приведёт к не возникновению аварийных ситуаций.

## 6 Работы по монтажу технологических трубопроводов

Монтаж технологических трубопроводов должен выполняться промышленным методом. Технологическая последовательность монтажа каждой линии трубопровода зависит от их размеров, конструкции и веса, места установки линии, технических возможностей грузоподъемного механизма и должна быть указана система монтажа принятого оборудования. Трубу с условным проходом не менее 50 мм собирают на месте монтажа. Сложность их изготовления и монтажа 10 от общей сложности работы трубопровода составляет 12%.

Существенное сокращение сроков монтажа и повышение производительности труда на монтажной площадке может быть достигнуто при сборке промышленных объектов из сборных блоков оборудования и трубопроводов.

До начала монтажа трубопроводов должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

Детально изучены проект и ППР инженернотехническими работниками (мастером, производителем работ, бригадиром) и согласованы с соответствующими организациями все неясные вопросы.

Приняты узлы, элементы и детали трубопроводов, арматура, не входящая в узлы, опоры и подвески; проверено их соответствие требованиям проекта или техническим условиям.

Проверена степень строительной готовности зданий, сооружений и конструкций под монтаж, и составлены соответствующие акты. Особое внимание должно быть обращено на соблюдение проектных отметок мест крепления трубопроводов.

					Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Стебелев Л.А.</i>				Работы по монтажу технологических трубопроводов	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Павлов М.С.</i>						59	103
<i>Рук.</i>	<i>ООП Брусник О.В.</i>					Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б		

Принято оборудование под монтаж трубопроводов: проверены правильность установки аппаратов и оборудования и соответствие чертежам, расположение, тип и размеры присоединительных штуцеров на оборудовании. Все отступления от проекта должны быть зафиксированы в акте.

Укомплектованы линии трубопроводов узлами, элементами и деталями, арматурой, вспомогательными материалами; линии трубопроводов должны быть доставлены к месту монтажа.

Устроены и подготовлены: площадки для укрупнительной сборки, подмости и приспособления при работе на высоте; подведена электроэнергия для питания сварочных постов, электроинструментов, электролебедок и освещения отдельных мест монтажа.

Укомплектованы специализированные рабочие бригады и обеспечены необходимыми инструментами, приспособлениями и монтажными механизмами.

Выданы бригадам наряды на предстоящие объемы работ.

Обеспечены необходимые условия работы в соответствии с правилами техники безопасности и охраны труда

Проведен инструктаж рабочих.

Технология собственно монтажа стальных трубопроводов включает следующие операции: разбивку трассы трубопровода; установку опор и подвесок; укрупнительную сборку узлов и блоков; укладку, сборку и сварку трубопровода; монтаж компенсаторов, арматуры, дренажных устройств, приборов контроля и автоматики; испытание готовых линий, сдачу их заказчику.

Агрегат представляет собой технологическую установку, состоящую из одного или нескольких единиц оборудования, состоящую из испытанной на месте изготовления (на заводе или в мастерской) трубопроводной арматуры, приборов контроля, автоматики и управления, приходящую на монтажную площадку в готовом виде, не требующую разрешения перед пуском в эксплуатацию.

					Работы по монтажу технологических трубопроводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Сборный блок, закрепленный на жестких рамах, в большинстве случаев может устанавливаться на фундамент без камня непосредственно на бетонное основание, закрепив его анкерными болтами. Такие блоки изготавливаются и поставляются только в том случае, если это предусмотрено технологическим проектом данного объекта.

### 6.1 Распределение трассы трубопровода

При отводе трассы к месту прокладки переносят опорную конструкцию и обозначают места крепления компенсатора и арматуры по монтажной схеме.

При монтаже трубопроводов в качестве нулевой высотной отметки принимают знак уровня строительного пола. Состояние оси и высотных отметок здания или сооружения фиксируют знаком. Высотными отметками называют репер, а контрольными-знаки, определяющие состояние ростков, плашки.

Репер часто крепят к цепочке на 1 м выше нулевой отметки.

С помощью нивелира и гидравлического уровня, стальной измерительной ленты, линейки, уголка, шаблона.

Например: репер ставится на отметку 1200 мм, а труба должна быть уложена по схеме на расстояние 7500 мм от уровня пола. При этом рост трубы должен располагаться на расстоянии  $7500 - 1200 = 6300$  мм от репера.

На оси трубы, перенесенной на цепь, устанавливают слесарный угол и проводят горизонтальную линию яркой краской. Полученный знак Н (рис. 1) перемещают гидравлическим уровнем в следующую цепь. Если труба проложена с уклоном, то знак переносится с учетом направления и величины уклона. Например: на монтажном чертеже показан наклон, равный 0,001 (1000 мм с уклоном, равным 1 мм). При этом при расстоянии между цепями 12 мм знак роста трубы должен быть на второй цепи выше или ниже знака первой цепи (в зависимости от направления наклона)  $12000 \times 0,001 = 12$  мм.

После этого в каждой цепи расстояние  $h$  от знака до опорной подошвы на оси трубы, поэтому снимаем с чертежа размер опорного кронштейна до

					Работы по монтажу технологических трубопроводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

верхней. Геометрическое нивелирование с помощью горизонтального луча лазера позволяет определить подъем (или опускание) одной точки относительно другой, для чего нивелир располагают на линии посередине между измеренными точками, соединяющими эти точки. Точка, определяемая относительно восходящего (или нисходящего), называется последней, а вторая—предыдущей.

На монтажных чертежах указывается направление наклона и величина. Чаще всего все технологические трубопроводы прокладывают наклонно в сторону, которая может полностью освободиться от жидкого остатка.

Уклон трубопровода должен быть не менее: для газопроводов и паропроводов по направлению потока—0,002, против течения—0,003; для легковоспламеняющихся жидкостей и сжиженных газов—0,002; для любых жидкостей нормальной вязкости— 0,003; а для высокопроизводительных и твердеющих жидкостей—0,002. в некоторых случаях трубопровод прокладывается без уклона, что указывается на чертеже.

При разделении прямолинейного сечения между конечными точками с помощью веса на временном кронштейне диаметром 0,2 ... Стальная щетинная проволока 0,5 мм или капроновая нить натягиваются. Один конец провода неподвижно проходит к кронштейну, а другой-через блок.

Трубы внутри здания обычно прокладывают по стенам и цепям на опорах, потолочных подвесках и перекрытиях с учетом свободного движения подъемно—транспортных механизмов.

Расстояние по шву от пола до основания трубы или поверхности теплоизоляции не должно быть менее 2,2 м. Расстояние между концевыми трубами или их теплоизоляционными и оболочковыми поверхностями должно быть не менее 100 мм для обеспечения свободного теплового расширения по горизонтали, возможности контроля и ремонта трубопроводов и арматуры.

Разметку производят по трубопроводам. Сначала обозначают главный ствол, а за ним-ветви аппаратов, машин и арматуры. По этим признакам устанавливают места установки компенсаторов, арматуры, подвижных опор,

					Работы по монтажу технологических трубопроводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

подвесок, кронштейнов. Полученные обозначения вносят в структуру здания в виде цифровых величин.

В отдельных случаях для соединения оборудования с штуцером и установки точного размера трубы лучше проводить из природы вещества. Обычно измерения начинают по росту главной магистрали, затем по ветвям оборудования, арматуре. Разделение трассы трубопровода документируется актом, к которому прикрепляется привязка к оси и перечень поворотных знаков, установленных на стойке или нанесенных на стену несмываемой краской.

## 6.2 Монтаж опорной конструкции, опор и подвесок

После определения расположения и места крепления фасонных механизмов и арматуры, из которых отделяются и состоят оси трубопроводов, приступают к установке опорных конструкций, опор и подвесок.

Монтажную трубу изготавливают для крепежных деталей, с указанием посадочных отверстий в строительной конструкции, в части строительного проекта и для выполнения строительных работ. Для стыковки закладных деталей в отверстие их опорные поверхности аккуратно помещаются в строительную конструкцию. Время, необходимое для его затвердевания после заливки деталей, вводимых Гвоздевым раствором (7 ... 14 дней), а также проведение других работ, несущих нагрузку на встроенные механизмы.

Опорные конструкции внутри цеха-кронштейны. Кронштейн приваривают к закладным механизмам и закрепляют на железобетонных элементах здания (цепях 4); через отверстия в цепи и кронштейне шпильками или тягачами; захватывают всю цепь. Если строительный каркас из металла, то опорную конструкцию приваривают к каркасу.

При креплении опорной конструкции их следует устанавливать строго горизонтально, проверяя уровнем. Вертикальную часть конструкции проверяют уровнем. Достаточное отклонение опорной конструкции не должно превышать: в плане  $\pm 10$  мм; по уклону  $+0,001$  (по известному  $-10$  мм).

					Работы по монтажу технологических трубопроводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Опоры и подвески при их правильном монтаже значительно обеспечивают нормальную работу трубопровода. Опоры следует располагать на проектном месте в соответствии с трубопроводными узлами и блоками. В отдельных случаях узел и блоки монтируются после подъема на проектную отметку.

Достаточное отклонение опор и подвесок от проектного состояния не должно превышать:  $\pm 5$  мм в плане для трубопроводов внутри здания и  $\pm 10$  мм— для наружных трубопроводов, по наклону—не более  $+0,001$  (по отметкам— 10 мм).

Для нивелирования высотных отметок и уклонов труб под опорную подошву устанавливают стальной уплотнитель, привариваемый к закладным деталям или опорной конструкции.

Неподвижные опоры надежно фиксируются зажимами, установленными на трубе контргайкой, и привариваются к опорной конструкции.

При установке подвижных опор следует исключать возможность плотного прилегания трущихся поверхностей друг к другу и соскальзывания их подвижных частей с опорных поверхностей. Смещение скользящих опор подвижной части должно быть легким и плавающим, без заклинивания.

При установке опоры и подвески необходимо учитывать смещение трубы вследствие теплового расширения. Для этого при сборке от оси опоры в сторону,противоположную ее растяжению сдвигают их на величину  $D/2$ . Тепловое смещение трубных тягачей отсутствует, устанавливается строго вертикально, а происходящие температурные сдвиги, — с уклоном, равны  $D/2$

При монтаже пружинных подвесок и опор вертикальных трубопроводов пружины опорных конструкций, а также верхние пластины должны быть перпендикулярны оси пружины.

Труба, к которой крепятся временные опоры и подвески, должна выдерживать нагрузки.

					Работы по монтажу технологических трубопроводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64



После стыковки всех узлов трубопровода и приварки монтажных стыков монтируют постоянные опоры и подвески, вытягивают пружину по размеру, снимают временную опору и подвески.

Установка на трубопроводы легированной стальной опоры и углеродистой стальной подвески, окрашивание стойкой краской для предотвращения электрохимического ржавления на их связанных поверхностях или установка тонкой пластины из легированной стали или алюминия между опорой и трубой.

### 6.3 Установка узлов в проектное положение

На монтажной площадке производится расширенная сборка готовых узлов трубных блоков. Сборка узла трубопроводов в блоки сокращает сроки монтажа, так как эти работы можно проводить параллельно со строительными работами, а по состоянию конструктивной готовности произвести монтаж трубопровода невозможно. Ведь расширенный сбор производится на специально оборудованной сборочной площадке, то есть возможна механизация выполнения всех операций, повышается производительность труда и качество и безопасность работ. В процессе сборки блок комплектуется необходимыми изделиями.

Расширенная сборка блоков выполняется в соответствии с проектом производства работ, а при его отсутствии принимается решение в зависимости от конкретного условия монтажа.

Размеры и вес блоков должны обеспечивать удобство транспортировки их к месту монтажа и установки в проектное состояние.

При подъеме и посадке блока необходимо соблюдать необходимую жесткость и плотность. В отдельных случаях устанавливается временная связь, обеспечивающая необходимую жесткость.

В состав блока входят все механизмы, предусмотренные рабочей схемой трубопровода (арматура, штуцер и бобышки контрольно-измерительных приборов и автоматики, штуцер для дренажа).

					Работы по монтажу технологических трубопроводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

Количество сварных и разъемных соединений, выполняемых выше, должно быть минимальным, при этом монтажные соединения следует располагать в удобных для сборки и сварки местах.

Для уборочных работ применяются специальные стенды и приспособления—кондукторы и фитинги, обеспечивающие правильность положения механизма, узла, трубопровода и арматуры при сварке.

Если позволяют условия монтажа, трубные блоки собирают вместе с оборудованием и устанавливают на общую раму.

При сборке стыковых соединений на монтажной площадке под сварку, их сварке, а также при сборке фланцевых и резьбовых соединений необходимо соблюдать те же требования, что и при изготовлении трубных узлов в цехе трубоподготовки.

На готовом блоке должны быть закончены все слесарные и сварочные работы, проведена термическая (если требуется) обработка стыков и проверка качества сварки.

При расширенной сборке тепловая изоляция блоков выполняется на горелке. При транспортировке изолированных блоков трубопровода принимаются меры, предупреждающие нарушение изоляции.

Трубопроводный блок передается от монтажной площадки к месту монтажа в порядке очередности их монтажа.

#### **6.4 Монтаж запорно-регулирующей арматуры, контрольно-измерительных приборов и автоматики**

Трубопроводы для IV и V категорий, не имеющие документов, могут быть приняты к монтажу после их испытания и повторного осмотра. Трубопроводная арматура I категории испытывается на прочность и плотность независимо от наличия документов и сроков их хранения, а также перед сдачей в монтаж труб, имеющих документы II категории, но с истекшим гарантийным сроком.

					Работы по монтажу технологических трубопроводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

При повторном осмотре арматуры очищают от смазочных материалов и промывают детали, осматривают и выявляют дефекты, затем вновь собирают сальник с уплотнителями и всеми прокладками.

Неисправная арматура должна быть отремонтирована или заменена без допуска к монтажу.

Испытания арматурной коробки, принимаемые в зависимости от условного давления, испытываются на прочность на давление, выдерживают его 10 мин, после чего снижают до рабочего давления. Испытание напорных устройств арматуры на прочность производится под рабочим давлением. Испытания арматуры на прочность и плотность проводятся на одном мерке. Арматура считается гидравлически испытанной на прочность, если в результате испытаний в течение 5 мин не было обнаружено пропусков воды.

Для определения правильной установки арматуры, устанавливаемой на трубу, необходимо руководствоваться инструкциями по каталогу, техническими условиями и рабочими чертежами арматуры. Правильное направление перемещения транспортируемого вещества определяют по стрелке–указателю, отформованному на арматурном коробе.

Арматура поставляется из трубопроводного цеха в собранном виде с трубопроводными узлами.

Перед установкой арматуры необходимо тщательно осмотреть, чтобы снять пробки и довести внутреннее пространство до полного отсутствия посторонних и грязных предметов.

При установке фланцевой арматуры проверяют соответствие фланца проекту, крепежные детали, уплотнительные материалы.

При монтаже сварной арматуры без фланцев контролируют правильность подготовки и сборки стыков, а также соблюдают технологию сварки.

Арматура, установленная на трубопроводе, не должна испытываться на дополнительные нагрузки при тепловом расширении трубопровода.

					Работы по монтажу технологических трубопроводов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Чугун защищает арматуру от изгибающих напряжений путем установки соответствующих неподвижных и направляющих опор при монтаже.

Механизмы присоединения контрольно–измерительных приборов и автоматики к трубам устанавливаются слесарями по монтажу технологического трубопровода и монтируются самими слесарями по монтажу контрольно–измерительных приборов с присоединением к ним импульсных трубопроводов.

Для монтажа термометров и термоэлектрических термометров бобушку и гильзу устанавливают на трубу при изготовлении узлов. Во время транспортировки бобушку и гильзу закрывают пробкой.

Точность показаний регистрируемых аспартов зависит от правильности установки измерительного устройства и тщательности монтажа импульсного трубопровода, диафрагмы и сопла. Для всех соединений измерительной диафрагмы и сопла подготавливаются четыре пары отборных отверстий. Если требуется подбор меньшего числа, то излишки заделывают пробкой и тщательно припаивают трубу перед гидравлическим испытанием и продувкой.

					Работы по монтажу технологических трубопроводов	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



автоматизированных инженерных расчётов (САПР, или САЕ) и решения МКЭ 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.

NASTRAN - это программа анализа конечных элементов (FEA), которая была первоначально разработана для НАСА в конце 1960-х годов при финансировании правительства США для аэрокосмической промышленности. Nastran обеспечивает полный набор расчетов, включая расчет напряженно-деформированного состояния, запасов прочности, собственных частот и форм колебаний, анализ устойчивости, исследование установившихся и неустановившихся динамических процессов, решение задач теплопередачи, акустических явлений, нелинейных статических и нелинейных переходных процессов, анализ сложного контактного взаимодействия, расчет критических частот и вибраций роторных машин, анализ частотных характеристик при воздействии случайных нагрузок и импульсного широкополосного воздействия, исследование аэроупругости на дозвуковых и сверхзвуковых скоростях.

Анализ конкурентных технических решений помогает внести коррективы в проект, чтобы успешнее противостоять соперникам. При проведении данного анализа необходимо оценить сильные и слабые стороны конкурентов. Для этого составлена оценочная карта (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Ба	Бп	Ка	Кп
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности труда	0,1	5	5	0,5	0,5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						70

Продолжение таблицы 7.1.

Удобство в эксплуатации	0,1	5	3	0,5	0,3
Технические возможности	0,2	5	5	1	1
Скорость обработки данных и предоставления результатов	0,2	5	4	1	0,8
Простота в эксплуатации	0,2	5	3	1	0,6
Экономические критерии оценки эффективности					
Конкурентоспособность продукта	0,1	5	4	0,5	0,4
Цена	0,1	4	3	0,4	0,3
<b>ИТОГ</b>	<b>1</b>	<b>34</b>	<b>27</b>	<b>4,9</b>	<b>3,9</b>

где: Ба – ANSYS; Бн – NASTRAN.

При оценке качества используется два типа критериев: технические и экономические. Веса показателей в сумме составляют 1. Баллы по каждому показателю оцениваются по пятибалльной шкале.

Конкурентоспособность конкурента К:

$$K = \sum B_i B_i$$

где  $B_i$  — вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  — балл  $i$ -го показателя.

Полученные результаты расчёта сведены в таблицу. В строке «Итого» указана сумма всех конкурентоспособностей по каждой из программ. Опираясь на полученные результаты расчётов, можно сделать вывод что, программа ANSYS наиболее востребована и применим. Уязвимость конкурентов объясняется наличием таких причин, как высокая цена и сложность при эксплуатации.

## 7.2 Планирование работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа

В данной работе проектная организация состоит из двух человек: руководитель проекта и инженер. Планирование работ позволяет распределить обязанности между исполнителями проекта, рассчитать заработную плату сотрудников, а также гарантирует реализацию проекта в срок. Последовательность и содержание работ, а также распределение исполнителей приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	составление и утверждение технического задания на проведение исследования напряжённо-деформированного состояния технологической обвязки	Руководитель
Выбор документов для исследования	2	Изучение нормативно-технической документации, сбор основной информации	Инженер
	3	Составление плана исследования	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Определение и расчёт нагрузок, воздействующих на технологический трубопровод	Инженер
	5	Создание и расчёт математической модели трубопровода	Инженер
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка результатов исследования	Руководитель, Инженер
Оформление отчета по проекту	7	Составление пояснительной записки	Инженер

Исследования напряжённо-деформированного состояния технологической обвязки проводится в пять этапов. Основные работы выполняются инженером.



### 7.3 Определение трудоёмкости выполнения работ

Трудовые затраты являются основной частью стоимости исследования. Трудоёмкость выполнения проекта оценивается в человеко-днях и носит вероятностный характер.

Среднее (ожидаемое) значение трудоёмкости:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

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

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоёмкость работы, чел.-дн.;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоёмкость работы, чел.-дн...

После определения ожидаемой трудоёмкости работ необходимо рассчитать продолжительность каждой из работ в рабочих днях  $T_p$ . Величина  $T_p$  учитывает параллельность выполнения этих работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

$Ч_i$  – число исполнителей, выполняющих одновременно одну работу, чел.

Результаты расчёта приведены в таблице.

### 7.4 Разработка графика проведения проекта

Диаграмма Ганта представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по разрабатываемому проекту представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Длительностью каждого этапа работ из всех рабочих дней могут быть переведены в календарные дни с помощью следующей формулы:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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

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

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

Полученные результаты расчёта занесены в таблицу 7.3.

Таблица 7.3 – Временные показатели проведения исследования



Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни		$t_{\text{max}}$ , чел-дни		$t_{\text{ож}}$ , чел-дни		Рук-ль	Инж-р	Рук-ль	Инж-р
	Рук-ль	Инж-р	Рук-ль	Инж-р	Рук-ль	Инж-р				
Составление и утверждение технического задания	1		6		3		3		4	
Изучение нормативно-технической документации, сбор основной информации		4		7		5,2		5,2		8
Составление плана исследования	2		4		2,8		2,8		3	
Определение и расчёт нагрузок		5		10		7		7		10
Создание и расчёт математической модели		12		18		14		14		21
Оценка результатов исследования	3	3	5	5	3,8	3,8	1,9	1,9	3	3
Составление пояснительной записки		6		10		7,6		7,6		11

На основе таблицы строим календарный план-график (таблица 7.4) (для максимального по длительности исполнения работ).

Таблица 7.4 – Календарный план-график проведения работ по проведению исследования

№	Вид работ	Исполнители	Ткi, кал. дни	Продолжительность выполнения работ											
				Март			Апрель			Май					
				1	2	3	1	2	3	1	2				
1	Составление и утверждение технического задания	Рук-ль	4	■											
2	Изучение нормативно-технической документации, сбор основной информации	Инж-р	8		■										
3	Составление плана исследования	Рук-ль	3		■										
4	Определение и расчёт нагрузок	Инж-р	10			■									
5	Создание и расчёт математической модели	Инж-р	21				■	■	■						
6	Оценка результатов исследования	Инж-р, рук-ль	3							■	■				
7	Составление пояснительной записки	Инж-р	11								■	■	■		

Обозначения:

	Инженер
	Руководитель

На основе данных графика (таблица) можно сделать вывод, что продолжительность работ по исследованию напряжённо-деформированного состояния трубопровода займет 6 декад. Начало разработки проекта придётся на первую декаду февраля и закончится первой декадой мая. Значение реальной продолжительности работ может оказаться как меньше посчитанного значения, так и больше, так как трудоемкость носит вероятностный характер.

длительность выполнения проекта в календарных днях равна:

- 10 дней (длительность выполнения проекта руководителем);
- 53 дня (длительность выполнения проекта инженером).

## 7.5 Бюджет затрат на исследования

При планировании бюджета проекта необходимо учесть все виды расходов, которые связаны с его выполнением. Для формирования бюджета проекта используется следующая группа затрат:

- материальные затраты проекта;
- затраты на специальное оборудование
- основная заработная плата исполнителей проекта;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

### 7.5.1 Расчёт материальных затрат исследования

К материальным затратам относятся: приобретаемые со стороны сырье и материалы, покупные материалы, канцелярские принадлежности, картриджи и т.п. В таблице 7.5 представлены материальные затраты.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

Таблица 7.5 – Материальные затраты

Наименование	Единицы измерения	Количество	Цена за ед., Руб.	Затраты на материалы Зм, руб.
Бумага для принтера формата А4 (500 листов)	пачка	2	1250	2500
Бумага для принтера формата А3 (100 листов)	пачка	1	1000	1000
Ручка шариковая	Шт.	6	50	300
Карандаш	Шт.	5	40	200
Краска для принтера	Шт.	2	2000	4000
Краска для принтера(цветная)	Шт.	1	2500	2500
Инженерный калькулятор	Шт.	2	2150	4300
Итого, руб.	14800			

В сумме материальные затраты составили 14800 рубля. Цены взяты средние по городу Томску.

### 7.5.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для проведения исследования

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, устройств и механизмов), необходимого для проведения анализа. Все расчёты по приобретению спецоборудования приведены в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Затраты на приобретение спецоборудования

№	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Лицензия приложения Ansys	1	70000	70000
2	Ноутбук ASUS TUF Gaming Dash F15 FX516PR-HN002T	1	100000	100000
Итого:				170000

### 7.5.3. Основная заработная плата исполнителей исследования

Статья включает в себя основную заработную плату  $Z_{осн}$  и дополнительную заработную плату  $Z_{доп}$ .

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

Дополнительная заработная плата оставляет 12-20 % от  $Z_{осн}$ .

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

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

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

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

При отпуске в 28 раб. дней  $M = 11$  месяцев, 5-дневная неделя;

При отпуске в 56 раб. дней  $M = 10$  месяцев, 6-дневная неделя;

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_r$$

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

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

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, принимаем 0,2;

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

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

#### 7.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей исследования

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Дополнительная заработная плата:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (принимаем 0,18).

Оклады взяты в соответствии с занимаемыми должностями ТПУ. Расчёт заработной платы руководителя (шестидневная рабочая неделя):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{н}} = 33106 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 64557 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{64557 \cdot 10}{365 - 66 - 56} = 2657 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}' } = 2657 \cdot 7,7 = 20459 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,18 \cdot 20459 = 3683 \text{ руб}$$

Расчет заработной платы инженера (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{н}} = 19200 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 37440 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{37440 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 1702 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}' } = 1702 \cdot 35,7 = 60761 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,18 \cdot 60761 = 10937 \text{ руб}$$

В результате данных расчётов посчитана основная заработная плата у исполнителей проекта. Видно, что ставка руководителя наибольшая, но итоговая основная заработная плата получилась наибольшей у инженера, так как основная заработная плата зависит от длительности работы проекта.

### 7.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды включают в себя установленные законодательством Российской Федерации нормы органов государственного социального страхования (Фсс), пенсионный фонд (ПФ) и медицинское страхование (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчисления во внебюджетные фонды:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

На 2019 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ (ред. От 19.12.2016) установлен размер страховых взносов равный 30 %.

В таблице 7.7 представлены результаты по расчёту отчисления во внебюджетные фонды всех исполнителей.

Таблица 7.7 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель проекта	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	20459	3683
Инженер	60761	10937
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды	0,3	
Итого		
Руководитель	7243	
Инженер	21509	

### 7.5.6. Накладные расходы

Накладные расходы включают прочие затраты организации, которые не учтены в предыдущих статьях расходов: оплата услуг связи, электроэнергии, интернета и т.д.

Накладные расходы:

$$З_{накл} = (З_{м} + З_{об} + З_{осн} + З_{доп} + З_{внеб}) \cdot k_{нр},$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы, 16%

$$\begin{aligned} З_{накл} &= (24093 + 431825 + 89867 + 16176 + 31813) \cdot 0,16 \\ &= 95004 \text{ руб} \end{aligned}$$



### 7.5.7. Формирование бюджета на научно-исследовательский проект

Рассчитанная величина затрат на исследование является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на проект приведено в таблице 7.8.

Таблица 7.8 – Бюджет затрат на исследование

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	14800
2. Затраты на специальное оборудование	170000
3. Затраты по основной заработной плате	81220
4. Затраты по дополнительной заработной плате	14620
5. Отчисления во внебюджетные фонды	28752
6. Накладные расходы	95004
Бюджет затрат на исследование	404396

#### Вывод по разделу

В результате выполнения данного раздела проведен анализ конкурентных технических решений, с помощью которого выбран наиболее подходящий программный продукт для проведения анализа напряжённо-деформированного состояния трубопроводной обвязки.

Построен календарный план–график проведения работ по проведению исследования. Общее количество дней на выполнение исследования оставляет 56 дня. Рассчитаны бюджетные затраты на исследование.

На основании полученных результатов данного раздела делаем вывод о том, что исследование напряженно-деформированного состояния технологического трубопровода является экономически обоснованным и оправданным.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

## 8 Социальная ответственность

### Введение

Целью выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы является прогноз и анализ опасных и вредных производственных факторов в рабочей зоне. Место проведения работ – компрессорный цех. Условия – закрытое помещение.

#### 8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения

##### 8.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно Трудовому кодексу РФ [22] к выполнению работ допускаются лица, возраст которых соответствует установленному, прошедшие медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, имеющие соответствующую квалификацию и допущенные к самостоятельной работе. Работники в зависимости от условий работы и принятой технологии производства должны быть проинструктированы по безопасности труда и обеспечены соответствующими средствами индивидуальной и коллективной защиты.

В федеральном законе РФ от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» указано, что с вредными условиями труда сталкиваются рабочие на предприятиях горной и угольной промышленности, на металлургическом и абразивном производстве, в нефтяной и химической промышленности.

Компенсация за вредные условия труда и ее размер устанавливается на основании статей Трудового кодекса, коллективного договора или иных внутренних документов предприятия.

					Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Социальная ответственность	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Стебелев Л.А.</i>						82	103
<i>Руковод.</i>	<i>Павлов М.С.</i>							
<i>Рук. ООП</i>	<i>Брусник О.В.</i>							
						Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б		

## 8.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 [23] и ГОСТ 12.2.033-78 [24] конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физиологическим и психофизиологическим данным человека, а также характеру работы. Кроме того, рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и методических указаний по безопасности труда.

При строительстве трубопроводной обвязки установки компримирования помещения следует устраивать с учетом санитарных требований, соблюдение которых обязательно при осуществлении производственных процессов объекта. Производственные территории, участки работ и рабочие места должны быть обеспечены необходимыми средствами коллективной и индивидуальной защиты работающих, первичными средствами пожаротушения, а также средствами связи, сигнализации и другими техническими средствами обеспечения безопасных условий труда. При размещении на производственной территории санитарно-бытовые и производственные помещений, места отдыха, проходы для людей, рабочие места должны располагаться за пределами опасных зон.

## 8.2 Производственная безопасность при разработке проектного решения

В процессе проведения работ могут возникнуть опасные и вредные факторы, которые приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Потенциально вредные и опасные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015 [25])	Наименование работ		Нормативные документы
	Моделирование и расчеты	Изготовление и монтаж	
Опасные:			
1. Движущиеся объекты, наносящие удар по телу работающего;	-	+	ГОСТ 12.2.003-91 [36] ГОСТ 12.2.062-81 [37] ГОСТ 12.4.026-2015 [38]

Продолжение таблицы 8.1.

2. Производственные факторы, связанные с электрическим током, пожаровзрывоопасность;	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 [39] ГОСТ 12.1.038-82 [46]
Вредные:			
1. Повышенные уровни шума;	-	+	ГОСТ 12.1.003-2014 [34] ГОСТ 12.1.029-80 [45]
2. Повышенные уровни вибрации;	-	+	СанПиН 1.2.3685-21 [26] ГОСТ 12.1.012-2004 [28] ГОСТ 31192.2-2005 [29] ГОСТ 31319-2006 [30]
3. Отклонения показателей микроклимата от заданных норм;	+	+	СанПиН 1.2.3685-21 [26] Р 2.2.2006-05 [27]
4. Отсутствие или недостаток искусственного и естественного освещения;	+	+	СанПиН 1.2.3685-21 [26] СП 52.13330.2016 [31]
5. Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;	-	+	Р 2.2.2006-05 [27]
6. Умственное перенапряжение, в том числе вызванное информационное нагрузкой;	+	-	МР 2.2.9.2311 – 07 [33] Р 2.2.2006-05 [27]
7. Монотонность труда, вызывающая монотонию;	+	-	Р 2.2.2006-05 [27] МР 2.2.9.2311 – 07 [33]
8. Производственные факторы, связанные с электромагнитными полями;	+	-	СанПиН 1.2.3685-21 [26] ГОСТ 12.1.006-84 [32]

Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов приведен согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [25]. Пожаровзрывоопасность рассматривается в п. 4 данного раздела.

### 8.2.1. Анализ потенциально возможных опасных факторов и обоснование мероприятий по защите от их воздействия

#### 1. Движущиеся объекты, наносящие удар по телу работающего.

Установки компримирования и запорно-регулирующая арматура с электроприводом, расположенные в насосном зале, имеют вращательные части, которые могут нанести удар по телу работающего. Все движущиеся и вращающиеся части должны быть ограждены специальными съёмными кожухами, чтобы исключить попадание в движущиеся и вращающиеся части.

Ремонт и осмотр огражденных частей механизмов, и снятие ограждений допускается только после полной остановки механизма.

Прежде чем приступить к работам, каждый сотрудник инструктируется по технике безопасности. Основным документом, устанавливающим требования по работе с движущимися объектами, является ГОСТ 12.2.003-91 [36].

Согласно ГОСТ 12.2.062-81 [37] опасные зоны должны оборудоваться специальными ограждениями, а согласно ГОСТ 12.4.026-2015 [38] рядом следует вывешивать инструкции и плакаты по технике безопасности, а также предупредительные надписи и знаки. Кроме этого, рабочие снабжаются необходимой спецодеждой.

Таким образом, данный фактор соответствует норме.

## *2. Производственные факторы, связанные с электрическим током.*

Источником электрического тока является ЭВМ, а также сам компрессор подключен к электрической цепи. Условия электробезопасности также зависят от параметров окружающей среды (влажность, температура и др.). В отношении опасности поражения людей электрическим током, помещение без повышенной опасности согласно ПУЭ.

Основной причиной смертельных случаев, связанных с поражением электрическим током – нарушение правил работы с электроприборами по ГОСТ 12.1.019-2017 [39].

Наиболее распространенными техническими причинами электротравм являются:

дефекты устройства электроустановок и защитных средств (брак при их изготовлении, монтаже и ремонте);

неисправности электроустановок и защитных средств, возникшие в процессе эксплуатации;

несоответствие типа электроустановки и защитных средств условиям применения;

использование электроустановок, не принятых в эксплуатацию;

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

использование защитных средств с истекшим сроком периодических испытаний.

Работники, принимаемые для выполнения работ в электроустановках, должны иметь профессиональную подготовку, соответствующую характеру работы. При отсутствии профессиональной подготовки такие работники должны быть обучены в специализированных центрах подготовки персонала. Работники должны иметь группу электробезопасности не ниже II.

Для обучения работнику должен быть предоставлен срок, достаточный для ознакомления с оборудованием, аппаратурой, оперативными схемами и одновременного изучения в необходимом для данной должности объеме:

правил устройства электроустановок, правил безопасности, правил и приемов оказания первой помощи при несчастных случаях на производстве, правил применения и испытания средств защиты, настоящих Правил;

должностных и производственных инструкций;

инструкций по охране труда;

других правил, нормативных и эксплуатационных документов.

Профилактика электротравмы заключается в соблюдении техники безопасности при работе с электроприборами.

Меры защиты: применение защитного зануления, защитного заземления, защитного отключения; обеспечение изоляции, ограждения и недоступности электрических цепей; использование предупредительных плакатов и знаков безопасности; применение средств индивидуальной защиты: диэлектрических перчаток и бот, диэлектрических резиновых ковриков, инструментов с изолированными ручками.

Таким образом, данный фактор соответствует норме.

### **8.2.2. Анализ потенциально возможных вредных факторов и обоснование мероприятий по защите от их воздействия**

*1. Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума.*

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

Действие шума от установок на человека приводит к снижению внимания и увеличению ошибок при выполнении различных видов работ, замедляет реакцию человека на поступающие от технических устройств сигналы, угнетает центральную нервную систему, вызывает изменения скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, язвы желудка, гипертонических заболеваний.

В соответствии с ГОСТ 12.1.003–2014 [34] для рабочего места такого типа устанавливается эквивалентный уровень звука  $\leq 80$  дБА. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

Основные методы борьбы с шумом согласно ГОСТ 12.1.029-80 [45]: снижение шума в источнике; средства индивидуальной защиты; соблюдение режима труда и отдыха; использование дистанционного управления при эксплуатации шумящего оборудования и машин.

Таким образом, уровень шума соответствует норме.

## *2. Повышенный уровень вибрации.*

Источниками вибрации являются компрессорные установки.

Основным документом, устанавливающим общие требования к обеспечению вибрационной безопасности, является ГОСТ 12.1.012-2004 [28]. Вибрация, помимо разрушительного действия на машины и механизмы, оказывает вредное влияние на здоровье людей. Различают общую и локальную вибрацию. В результате развития вибрационной болезни нарушается нервная регуляция, теряется чувствительность пальцев, расстраивается функциональное состояние внутренних органов.

Для санитарного нормирования и контроля используются средние квадратические значения виброускорения или виброскорости, а также их логарифмические уровни в децибелах. Для первой категории общей вибрации, по санитарным нормам скорректированное по частоте значение

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

виброускорения составляет 62 дБ, а для виброскорости – 116дБ. Наиболее опасной для человека является вибрация с частотой 6-9 Гц.

Мероприятия по обеспечению безопасности: применением вибробезопасного оборудования и инструмента; применением средств виброзащиты; организационно-техническими мероприятиями (поддержание в условиях эксплуатации технического состояния машин и механизмов на уровне, предусмотренном НТД на них; введение режимов труда, регулирующих продолжительность воздействия вибрации на работающих; вывод работников из мест с превышением ДУ по вибрации).

Таким образом, уровень вибрации на рабочем месте соответствует норме.

### *3. Отклонения показателей микроклимата от заданных норм.*

Оценка микроклимата заключается в сопоставлении его показателей на всех местах пребывания работника в течении смены с нормативными согласно СанПиН 1.2.3685-21 [26].

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 [26] показателями, характеризующими микроклимат на рабочих местах в производственных помещениях, являются: температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха и интенсивность теплового облучения.

Гигиенические нормативы физических факторов в условиях производственной среды определяются как предельно допустимые уровни факторов, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч, но не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не вызывают заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений [27].

За основу разделения на категории работ берется интенсивность энергозатрат в Вт. Моделирование и расчеты относятся к II категории, изготовление и монтаж к III категории. В таблице 8.2 приведены допустимые

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88



величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещениях.

Таблица 8.2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах пользователя ПК в производственных помещениях [26]

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Для диапазона температур воздуха не более	Для диапазона температур воздуха не более
Холодный	III	13,0-15,9	18,1-21,0	12,0-22,0	15-75	0,2	0,4
	IV	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
Теплый	III	15,0-17,9	20,1-26,0	14,0-27,0	15-75	0,2	0,5
	IV	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	0,1	0,3

Для обеспечения требуемого микроклимата в рабочей зоне предусмотрены следующие мероприятия:

- установка вентиляционного оборудования для поддержания нормального воздухообмена;
- проветривания помещения во время перерывов; регулярная влажная уборка помещения.

Таким образом, микроклимат на открытом воздухе и в закрытом помещении соответствует норме.

4. *Отсутствие или недостаток искусственного и естественного освещения.*

При проведении работ рабочее место должно освещаться односторонним боковым естественным и общим равномерным искусственным освещением. Плохое освещение оказывает отрицательное влияние на зрение человека, состояние его нервной системы, а также подвергает опасности в процессе производства.

Естественное и искусственное освещение рабочих помещений должно соответствовать СП 52.13330.2016 [31]. Освещённость должна быть не менее 200 лк независимо от применяемых источников света. При подъеме или перемещении грузов должна быть освещённость места работ не менее 50 лк при работе вручную и не менее 100 лк при работе с помощью машин и механизмов. Для ПК освещённость должна быть 300-500 лк.

Для местного освещения рабочих мест следует использовать светильники с непросвечивающими отражателями. Светильники должны располагаться таким образом, чтобы их светящиеся элементы не попадали в поле зрения работающих на освещаемом рабочем месте и на других рабочих местах. Местное освещение рабочих мест, как правило, должно быть оборудовано регуляторами освещения.

Таким образом, освещение в помещении соответствует норме.

#### *5. Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса.*

Тяжесть труда может стать причиной снижения работоспособности, а также профессионального заболевания. По тяжести труда различают несколько классов, характеристики которых приведены в Р 2.2.2006-05 [27].

Согласно табл. 17 Р 2.2.2006-05 [27], по большинству показателей тяжести трудового процесса класс условий труда является оптимальным. По показателю 6 – допустимый класс. По рабочей позе – класс вредный первой степени. По массе поднимаемого и перемещаемого груза вручную постоянно в течении рабочей смены – вредный класс от первой до второй степени.

Для облегчения тяжелого физического труда необходимо использовать машины, обеспеченных системой управления, а также чередование режимов труда и отдыха, и производственную гимнастику.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

Таким образом, данный фактор соответствует норме.

*6. Монотонность труда, вызывающая монотонию.*

Моделирование и расчеты требуют от человека длительного выполнения однообразных действий, а также непрерывной и устойчивой концентрации внимания, что является монотонностью труда.

Установлено, что монотонный труд вызывает, прежде всего, изменения в функциональном состоянии центральной нервной системы, что проявляется в увеличении процента расторможенных дифференцировок, замедлении способности к переключению внимания, снижению подвижности основных нервных процессов. Наряду с изменением физиологических функций при монотонной работе часто отмечаются изменения, характеризующие психологический статус работающих, их субъективные ощущения и переживания, к которым относятся скука, сонливость, неудовлетворенность работой и др.

Мероприятия для утомляемости: необходимо делать каждые 2 часа перерывы, а также желательно стараться более 4 часов не заниматься одной и той же работой. Также согласно МР 2.2.9.2311 – 07 [33] для профилактики стрессовых необходимо внедрение рациональных режимов труда и отдыха, комплекса оздоровительно-профилактических мероприятий для предупреждения воздействия стресс-факторов на организм работающих.

Таким образом, данный фактор соответствует норме.

*7. Умственное перенапряжение, в том числе вызванное информационной нагрузкой.*

Умственный труд классифицируется по напряженности труда.

В соответствии с Р 2.2.2006-05 [27] класс условий труда по напряженности трудового процесса характеризуется как вредный:

- решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкции;
- обработка, проверка и контроль за выполнением задания;

- работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат.

Мероприятия для утомляемости: необходимо делать каждые 2 часа перерывы, а также желательно стараться более 4 часов не заниматься одной и той же работой. Также согласно МР 2.2.9.2311 – 07 для профилактики стрессовых необходимо внедрение рациональных режимов труда и отдыха, комплекса оздоровительно-профилактических мероприятий для предупреждения воздействия стресс-факторов на организм, работающих [33].

Таким образом, данный фактор соответствует норме.

*8. Производственные факторы, связанные с электромагнитными полями, неионизирующими ткани тела человека.*

Персональные ЭВМ являются источниками электромагнитных излучений, воздействие (превышающие допустимые значения) которого оказывают отрицательное воздействие на организм человека, а также могут быть причиной многих серьезных заболеваний.

Уровни электромагнитного поля регламентируются согласно ГОСТ 12.1.006-84 [32]. Уровни ЭМП при работе с ПК контролируются измерением в диапазоне частот 5 Гц – 400 кГц напряженности электрической и магнитной составляющих, в диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц плотности потока энергии ЭМП. Предельно допустимый уровень представлены в таблице 8.5.

Таблица 8.5 – Предельно допустимый уровень [32]

Нормируемые параметры		ПДУ
Напряженность электрического поля	5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	5 Гц – 400 кГц	2,5 В/м
Напряженность магнитного поля	5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	5 Гц – 400 кГц	25 нТл
Плотность потока энергии	300 МГц - 300 ГГц	10 мкВт/см <sup>2</sup>
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Максимальная напряженность электрической составляющей ЭМП достигается на коже дисплея, поэтому следует регулярно удалять пыль с поверхности монитора сухой тканью.

Таким образом, значения напряженности электрического и магнитного поля соответствует норме.

### **8.3 Экологическая безопасность**

Работы, связанные с компрессорными установками, наносят вред окружающей среде. В связи с тем, что работа компрессорной станции связана с выделением значительного количества газообразных веществ, она оказывает большее влияние на атмосферу по сравнению с воздействием на гидросферу и почву. При производстве работ следует выполнять положение по охране недр, окружающей среды и д.р. Основными документами, устанавливающими требования по экологической безопасности, являются ГОСТ 17.1.3.06.82 [40], ГОСТ 17.1.3.02.-77 [41], ГОСТ 17.4.3.04-85 [42].

При проведении моделирования и расчетов основным отходом является офисная бумага и мусор из офисных помещений.

Природоохранные мероприятия:

1. Проверка оборудования на прочность и герметичность;
2. Соблюдение правил эксплуатации;
3. Своевременная замена уплотнений насосов и запорной арматуры;
4. Оснащение системой контроля загазованности.

### **8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

По происхождению чрезвычайные ситуации классифицируются как антропогенные (связанные с производственной деятельностью человека) и природные.

Наиболее типичной и опасной ЧС техногенного характера является пожаровзрывоопасность.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

Причинами возникновения пожаров являются: несоблюдение техники противопожарной безопасности; неисправное состояние электропроводки и техники.

Федеральным законом от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ утвержден «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [43]. Согласно данному закону помещения, здания и сооружения, в которых предусмотрена система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, оборудуются автоматическими установками пожарной сигнализации и пожаротушения в соответствии с уровнем пожарной опасности помещений. Автоматические установки пожарной сигнализации, пожаротушения должны быть оборудованы источниками бесперебойного электропитания.

Все работники проходят специальную противопожарную подготовку.

Ответственные за пожарную безопасность обязаны не допускать к работе лиц, не прошедших инструктаж по соблюдению требований пожарной безопасности. Обучать персонал правилам пожарной безопасности и разъяснять порядок действий в случае загорания или пожара, контролировать соблюдение рабочими противопожарного режима, обеспечивать исправное содержание и постоянную готовность к действию средств огнетушения, применять меры по ликвидации возникающих пожаров.

Помещение относится к П-Па зоне по пожароопасности. П-Па - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

На производстве могут возникнуть следующие классы пожаров:

- класс «А» - пожары, в которых горят различные твёрдые вещества и материалы;

- класс «Е» - происшествия, затрагивающие исключительно электроустановки под большим напряжением.

Для каждого класса пожара предназначен свой огнетушитель.

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

Для быстрой ликвидации возможного пожара при производстве работ располагается стенд с противопожарным оборудованием, который находится в производственном помещении, содержание которого должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.004-91 [44].

Пожарный щит необходим для неотложных мер по тушению возможного возгорания до приезда пожарной бригады. Инструменты должны находиться в исправном состоянии и обеспечивать в случае необходимости возможность либо полной ликвидации огня, либо локализации возгорания.

Первичными средствами пожаротушения являются:

- переносные и передвижные огнетушители (например, ОП-3, ОУ-3);
- пожарные краны и средства обеспечения их использования;
- пожарный инвентарь;
- покрывала (противопожарное полотно) для изоляции очага возгорания;
- генераторные огнетушители аэрозольные переносные.

В местах проведения работ и расположения объектов следует иметь первичные средства пожаротушения.

### **Выводы по разделу**

Таким образом, в данном разделе были рассмотрены правовые вопросы; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны; проанализированы возможные опасные и вредные производственные факторы, обоснованы мероприятия по их устранению; изучены вопросы, касающиеся влиянию работ на экологическую безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях.

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

## Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была проанализирована научная литература и нормативно-техническая документация, в результате чего были представлены общие сведения о технологических трубопроводах и применение азота в нефтегазовой отрасли. Также по готовой технологической схеме была построена 3D модель трубопроводной обвязки, произведен обзор основных узлов трубопровода, на основе требований нормативной документации были назначены основные размеры и конструктивные решения. Был произведен подбор опор для установки компримирования и проведен прочностной расчет трубопроводной обвязки. В заключении были сформулированы технические указания по выполнению монтажных работ.

Результатом работ стала разработка технических решений по обеспечению выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при её модернизации.

					Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Стебелев Л.А.</i>				Заключение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Павлов М.С.</i>						96	103
<i>Рук.</i>	<i>ООП Брусник О.В.</i>							
					Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б			



## Список использованных источников

1. Ю.Д. Земенков, Н.А. Малюшин, Л.М. Маркова, А.Е. Лоцинин Технологические трубопроводы нефтебаз. Справочное издание. - Тюмень: Тюменский индустриальный институт, 1994. - 61 с.
2. СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы».
3. В.В. Филиппов Технологические трубопроводы и трубопроводная арматура. Учебное пособие. – Самара: СамГТУ, 2012. – 66 с.
4. ГОСТ Р 57512-2017. Национальный стандарт Российской Федерации. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Термины и определения" (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 29.06.2017 N 600-ст).
5. ГОСТ Р 575122017. Национальный стандарт Российской Федерации. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Термины и определения" (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 29.06.2017 N 600-ст).
6. ГОСТ 9293-74 (ИСО 2435-73). Группа Л11. Межгосударственный стандарт. Азот газообразный и жидкий. Технические условия. Gaseous and liquid nitrogen. Specifications МКС 71.060.10 ОКП 21 1412 Дата введения 1976-01-01. Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 25 июля 1974 г. N 1773 дата введения установлена 01.01.76.
7. ГОСТ 8731-74\* «Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические требования»

					Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Стебелев Л.А.</i>				Список использованных источников	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Павлов М.С.</i>						97	
<i>Рук.</i>	<i>ООП</i>	<i>Брусник О.В.</i>				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б		

8. ГОСТ 17375-2001 (ИСО 3419-81) "Детали трубопроводов бесшовные приварные из углеродистой и низколегированной стали. Отводы крутоизогнутые типа 3D (DN). Конструкция" (введен в действие постановлением Госстандарта РФ от 27 мая 2002 г. N 205-ст).

9. Инструкция по проектированию технологических стальных трубопроводов Р, до 10 МПа. СН 527—80/ /Госстрой СССР. — М.: Стройиздат, 1981. — 47 с.

10. Бруйка В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учеб. пособ./В.А. Бруйка, В.Г. Фокин, Е.А. солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянов. – самара: самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 271с.

11. Постановление Госгортехнадзора РФ от 10.06.2003 N 80. "Об утверждении Правил устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов".

12. ОСТ 36-94-83 Детали стальных трубопроводов. Опоры подвижные. Типы и основные размеры.

13. Иванов Д.В., Доль А.В. Введение в Ansys Workbench: Учебно-методическое пособие для студентов естественно-научных дисциплин. – Саратов: Амирит, 2016. – 56 с.

14. ГОСТ 32388-2013. Межгосударственный стандарт. Трубопроводы технологические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмические воздействия.

15. Исследование напряженно-деформированного состояния трубопроводов: учебное пособие / А.В. Рудаченко, А.Л. Свруев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 136 с.

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

16. Шимановский А.О. Применение метода конечных элементов в решении задач прикладной механики: учебное пособие для студентов технических специальностей/ А.О. Шимановский, А.В. Пулято; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ. 2008. – 61 с.

17. Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ. Составители: Крец В.Г., Шадрин А.В., Антропова Н.А. Учебное пособие.- Томск: Изд. ТПУ, 2012. – 386 с.

18. ВСН 185-85 "Расчет на прочность обвязочных трубопроводов" (утв. Миннефтегазстроем 13 ноября 1985 г., Мингазпромом 5 ноября 1985 г.).

19. СА 03-003-07 РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ И ВИБРАЦИЮ СТАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ.

20. РТМ 38-001-94 Указания по РАСЧЕТУ НА ПРОЧНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ стальных ТРУБОПРОВОДОВ

21. СТО Газпром 2-2.3-327-2009 Оценка напряженно деформированного состояния технологических трубопроводов компрессорных станций.

22. Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022).

23. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

24. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

25. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Поправками).

26. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

27. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

28. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.

29. ГОСТ 31192.2-2005 (ИСО 5349-2:2001) Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 2. Требования к проведению измерений на рабочих местах.

30. ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах.

31. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* (с Изменениями N 1, 2).

32. ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (с Изменением N 1, с Поправкой).

33. МР 2.2.9.2311-07 Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности.

34. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание).

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		100

35. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1).

36. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

37. ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Ограждения защитные (с Изменением N 1).

38. ГОСТ 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний (с Поправками, с Изменением N 1).

39. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (с Поправкой).

40. ГОСТ 17.1.3.06-82 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.

41. ГОСТ 17.1.3.02-77 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила охраны вод от загрязнения при бурении и освоении морских скважин на нефть и газ (с Изменением N 1).

42. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.

43. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ.

44. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1).

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

45. ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация

46. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

					Список использованных источников	Лист
						102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Приложение А

Таблица А.1 – Список используемого оборудования

Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Изготовитель
2	Компрессорная станция Кавинт КСВД-М 2-20/0.1-90-Не, Раб=9МПа,Пр=20Нм <sup>3</sup> /ч	2	Кавинт
4	Клапан обратный, 16нж48нж, нерж. сталь, подъемный, фланцевый, PN 100 бар, Ду20	2	
5	Вентиль фланцевый с электроприводом, PN 100 бар, Ду15	3	SAMSON
9	Мягкий газгольдер	1	
3	Вентиль прямоточный нанометрический резьбовый PN 100 бар, Ду5	2	ОВЕН
6	Вентиль фланцевый PN 16 бар, Ду20 (15нж68нж)	2	ЛО
7	Вентиль фланцевый PN 16 бар, Ду25 (15нж68нж)	1	ЛО
8	Вентиль фланцевый PN 16 бар, Ду80 (15нж65нж)	4	ЛО
10	Вентиль фланцевый PN 100 бар, Ду15	1	SAMSON
11	Вентиль фланцевый PN 100 бар, Ду20	1	SAMSON
12	Клапан электромагнитный шаровый, Ду 15	2	РОСМА
13	Кран шаровый муфтовый, Ду 15, полнопроходной	3	
14	Вентиль фланцевый с электроприводом, PN 16 бар, Ду 15	1	SAMSON
LI1.4	ВВ1 бесконтактные емкостные датчики	4	ОВЕН
LE	Трасирующий датчик положения	1	TURCK
PE1.4	Преобразователь давления и измерительный	4	ОВЕН
FE 1.2	Ратометр металлический "ЭМИС-МЕТА 215"	1	ЭМИС
РП1.2	Датчики-реле потока, поршневые подпружиненные ДР-03-15	2	Flu
15	Грязевик Ду15 ВР-ВР 300мм	1	Far

					Обеспечение выполнения работ по изготовлению трубопроводной обвязки установки компримирования инертного газа при ее модернизации					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Приложение А					
Разраб.	Стебелев Л.А.							Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Павлов М.С.								103	103
Рук.	ООП Брусник О.В.							Отделение нефтегазового дела Группа 2Б8Б		