

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

Школа: Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки: 21.04.01 Нефтегазовое дело/Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов

Отделение: Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Расчеты на прочность угорного соединения вертикального стального резервуара УДК 622.692.23-025.71-034.14:539.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ95	Кириллов Владислав Павлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зиякаев Г. Р.	к. т. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А. И.	к. т. н.		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романюк В.Б.	к. э. н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<i>В соответствии с общекультурными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i>		
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, для решения прикладных меж- дисциплинарных задач и инженерных проблем, соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики), самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	УК-1, УК-2, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, (ЕАС-4.2, АБЕТЗА, АБЕТ-3i).
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные исследования с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в сложных и неопределённых условиях; использовать принципы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности	УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, ОПК-2, ОПК-6.
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P3	Проявлять профессиональную осведомленность о передовых знаниях и открытиях в области нефтегазовых технологий с учетом передового отечественного и зарубежного опыта; использовать инновационный подход при разработке новых идей и методов проектирования объектов	УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК3, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК3, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11
P4	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы для реализации	ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК14, ПК-15

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
	технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды	
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
Р5	Эффективно работать <i>индивидуально и в коллективе</i> по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	УК-3, УК-8, ОПК-3, ОПК7, ПК-16, ПК-17, ПК18), (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ3d).
<i>в области проектной деятельности</i>		
Р6	Быстро ориентироваться и выбирать оптимальные решения в многофакторных ситуациях, владеть методами и средствами математического моделирования технологических процессов и объектов	<i>Требования ФГОС ВО (ПК-5, ПК-14, ПК17, ПК-19, ПК-22)</i>
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
Р7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя команды, умение формировать задания и оперативные планы всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести ответственность за результаты работы	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК26).
<i>в области проектной деятельности</i>		
Р8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности; активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и	УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27, ПК-28, ПК- 29, ПК-30, (АВЕТ3с), (ЕАС-4.2-е).

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
	защищать результаты инженерной деятельности	
<i>Профиль «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»</i>		
P9	Планировать и организовывать работу по проведению планово-предупредительных ремонтов и технического обслуживания технологического оборудования	ОПК-5, ОПК-6, ПК-3, ПК-7, ПК-9, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-21, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования", 19.029 «Специалист по эксплуатации газораспределительных станций», 19.0015 «Специалист по эксплуатации оборудования подземных хранилищ газа»
P10	Планировать внедрение новой техники и передовых технологий, разрабатывать и реализовывать программы модернизации и технического перевооружения предприятия с целью повышения надежности, долговечности и эффективности работы технологического оборудования	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-10, ПК-12, ПК-17, ПК-21, ПК-23, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования", 19.029 «Специалист по эксплуатации газораспределительных 5 «станций», 19.0015 «Специалист по эксплуатации

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
		оборудования подземных хранилищ газа»
P11	Организовывать проведение проверок технического состояния и экспертизы промышленной безопасности, проводить оценку эксплуатационной надежности технологического оборудования.	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-9 ПК-10, ПК17, ПК-30 требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования", 19.029 «Специалист по эксплуатации газораспределительных станций», 19.0015 «Специалист по эксплуатации оборудования подземных хранилищ газа»

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 21.04.01 Нефтегазовое дело/Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов

Уровень образования магистратура

Отделение школы (НОЦ) Отделение нефтегазового дела

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	18.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
02.04.2021	1.Изучение объекта исследования. Обзор литературы.	30
25.04.2021	2.Проведение аналитического расчета.	30
15.05.2021	3.Создание модели и ее расчет методом конечных элементов	30
01.06.2021	4.Устранение недочетов	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зиякаев Г. Р.	к. т. н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 21.04.01 Нефтегазовое дело/Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов

Отделение школы (НОЦ) Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Манабаев К.К.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ95	Кириллову Владиславу Павловичу

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	03.03.2021, 62-35/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><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>Объект исследования: Резервуар вертикальный стальной 30000м³. Объект относится к технологическому сооружению повышенной опасности, требующему особых условий эксплуатации. Режим работы: круглосуточный, периодический</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор литературных источников с целью выявления современных методов решения поставленной задачи 2. Изучение имеющейся проблемы 3. Анализ напряженно – деформированного состояния уторного сварного соединения резервуара вертикального стального 30000 м³ 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5. Социальная ответственность
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Романюк Вера Борисовна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин Александр Иванович</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Производство резервуаров, Виды резервуаров, Монтаж РВС, Эксплуатация РВС</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>16.02.2021</p>
--	-------------------

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>2БМ95</p>	<p>Кириллов Владислав Павлович</p>	<p></p>	<p></p>

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ95	Кириллову Владиславу Павловичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль <u>«Машины и оборудование нефти и газа»</u>

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

<p>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i></p>	<p><i>Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску, включая стоимость интернета – 360 руб. в месяц.</i></p>
<p>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></p>	<p><i>Устанавливаются в соответствии с заданным уровнем нормы оплат труда: 30 % премии к заработной плате 20 % надбавки за профессиональное мастерство 1,3 - районный коэффициент для расчета заработной платы.</i></p>
<p>3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></p>	<p><i>Общая система налогообложения с учетом льгот для образовательных учреждений, в том числе отчисления во внебюджетные фонды - 27,1%.</i></p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i></p>	<p><i>1. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования. 2. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований. 3. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</i></p>
<p>2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i></p>	<p><i>Бюджет научно – технического исследования (НТИ) 1. Структура работ в рамках научного исследования. 2. Определение трудоемкости выполнения работ. 3. Разработка графика проведения научного исследования. 4. Бюджет научно-технического исследования. 5. Основная заработная плата исполнительской темы. 6. Дополнительная заработная плата исполнительской темы. 7. Отчисление во внебюджетные фонды. 8. Накладные ресурсы.</i></p>

	9. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	1. <i>Определение интегрального показателя эффективности научного исследования.</i> 2. <i>Расчет показателей ресурсоэффективности.</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений.</i> 2. <i>Матрица SWOT.</i> 3. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.</i> 4. <i>Альтернативы проведения НИ.</i> 5. <i>График проведения и бюджет НИ.</i>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Романюк В.Б.	к.э.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ95	Кириллов Владислав Павлович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ95	Кириллову Владиславу Павловичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» / «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. <i>Описание рабочего места</i>	<i>Объектом исследования является Резервуар вертикальный стальной 20000 м3. Рабочей зоной является резервуарный парк. Расчет резервуара вертикального стального 20000 м3. Область применения нефтегазовая отрасль.</i>
-----------------------------------	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	<i>Физико-химическая природа вредных веществ:</i> – повышенный уровень шума; – повышенный уровень вибрации; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны <i>Действие факторов на организм человека:</i> – повышение кровяного давления; – ухудшение внимательности и памяти; – снижение остроты зрения и слуха; – замедление скорости реакции; – быстрое утомление. <i>Средства коллективной защиты:</i> – виброгасители; – звукопоглощающие средства. <i>Средства индивидуальной защиты:</i> – спецодежда и спецобувь; – защитные очки и каска;
2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	<i>Источник опасных факторов:</i> – оборудование и трубопроводы, работающие под давлением; – пожаровзрывобезопасность на рабочем месте. <i>Средства защиты:</i> – своевременные проверки и ремонт. <i>Причины проявления опасных факторов:</i> – несоблюдение правил безопасности при изготовлении РВС; – внешние механические воздействия; – старение системы. – нарушение технологического режима; – конструкторские ошибки; – ошибки обслуживающего персонала
3. <i>Охрана окружающей среды:</i> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);	<i>Воздействие на атмосферу:</i> – загрязнение выбросами выхлопных газов от строительной техники при производстве работ;

<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<ul style="list-style-type: none"> – выбросы при опорожнении и заполнении резервуаров – образование и размещение отходов, образующихся при технологической эксплуатации Воздействие на литосферу: <ul style="list-style-type: none"> – вылив и утечки горюче-смазочных материалов – захламенение территории строительными материалами, отходами и мусором, загрязнение токсичными веществами Воздействие на гидросферу: <ul style="list-style-type: none"> – проникновения вредных веществ в грунтовые воды
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Наиболее типичная ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> – пожар резервуарного парка. ЧС может случиться из-за: <ul style="list-style-type: none"> – высокой пожаровзрывоопасности хранимых продуктов; – статическое или атмосферное электричество; – нарушение герметичности элементов конструкции: фланцев, задвижек; <p>В случае возникновения данной аварийной ситуации необходимо действовать согласно инструкции, предписанной данному предприятию на случай возникновения ЧС.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс РФ: – ст. 92 ТК РФ, – ст. 117 ТК РФ, – ст. 147 ТК РФ. – правила безопасности в газовом хозяйстве; – ПБ 12-529-83

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД	Сечин А. И.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ95	Кириллов Владислав Павлович		

Реферат

Магистерская диссертация 103 с., 12 рис., 19 табл., 51 источников, 26 формулы.

Ключевые слова: уторный узел, уторное сварное соединение, резервуар, рвс.

Объектом исследования является: уторное соединение вертикального стального резервуара номинальным объемом 30000 м³.

Цель работы – проведение расчета уторного сварного соединения РВС аналитическим методом и методом конечных элементов, сравнить полученные результаты.

Область применения: нефтегазовая промышленность

Оглавление

Введение.....	15
Обзор литературы.....	17
1. Объект исследования.....	20
1.1 Производство резервуаров	20
1.2 Виды резервуаров.....	22
1.3 Монтаж РВС.....	26
1.4 Эксплуатация РВС.....	28
1.5 Основные параметры и характеристики РВС-30000 м ³	29
2. Уторное сварное соединение РВС.....	31
2.1 Технология изготовления уторного соединения	31
2.2 Обзор методов расчета НДС уторного сварного соединения.....	34
2.3 Определение НДС уторного сварного соединения	35
3 Аналитический расчет НДС уторного сварного соединения РВС	37
3.1 Методика расчета	37
3.2 Результаты аналитического расчета.....	41
4. Расчет НДС уторного сварного соединения методом конечных элементов 45	
4.1 Порядок расчета	45
4.2 Построение геометрической модели	47
4.3 Создание конечно-элементной модели	48
4.4 Результаты расчета	50
5. Социальная ответственность	53
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение ..	69
Заключение.....	88
Список литературы	89
Приложение 1.....	95

Введение

В наше время используется большое множество резервуаров, которые используются для операций по учету нефти и нефтепродуктов, хранению и сбору нефти и нефтепродуктов. Методика изготовления резервуаров существует много времени, но несмотря на это в сварном соединении велика вероятность возникновения дефекта. На рисунке 1 видно, что 22% дефектов приходится на сварное соединение.

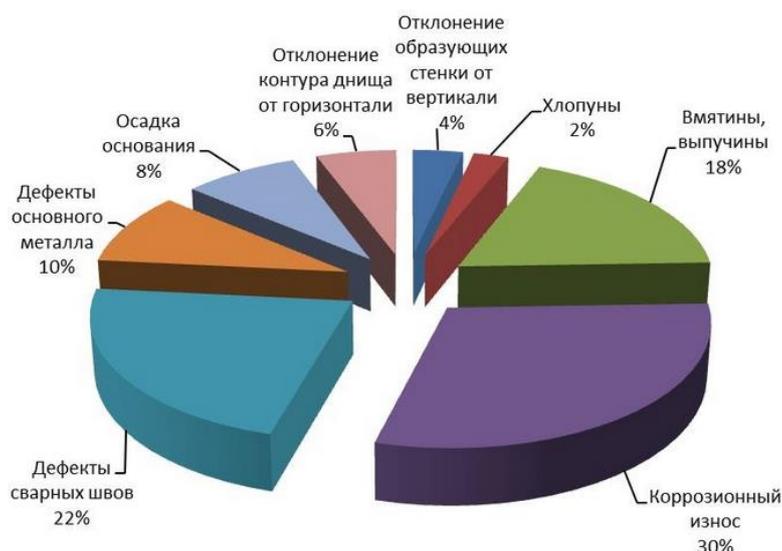


Рис. 1 - Дефекты и повреждения РВС

Значительное количество повреждений в уторном узле РВС под влиянием эксплуатационных нагрузок подтверждают результаты исследований зарубежных и отечественных ученых В.Л. Березина, В.А., Винокурова, А.А. Тарасенко, В.А.Буренина, М.Г. Каравайченко, А.А. Землянско, Е.Е. Семина, Р.К. Malhotra, М.К. Сафаряна, D. Swenson и др.

Довольно частым дефектным состоянием РВС является усталостные повреждения, возникающие при малоцикловом нагружении, такое дефектное состояние особенно характерно для уторных узлов. Актуальной проблемой является решение проблемы по повышению ресурса уторных узлов. Решение данной проблемы позволит увеличить срок службы РВС при сохранении действующих эксплуатационных нагрузок.

В данной работе объектом исследования является – уторное соединение РВС

номинальным объемом 30000 м³.

Цель исследования: произвести расчет уторного сварного соединения РВС аналитическим методом и методом конечных элементов, сравнить полученные результаты.

Задачи исследования:

- Изучить конструктивные особенности уторного соединения;
- Изучить аналитическую методику расчета уторного сварного соединения РВС;
- Разработать 3D модель уторного соединения РВС;
- Проанализировать напряженно-деформируемое состояние уторного сварного соединения РВС.

В дипломе освещены вопросы в соответствии с задачами исследования:

Во «Введении» обозначается актуальность темы исследования, цель и задачи.

В разделе «Обзор литературы» освещены работы и труды ученых по определению напряженно-деформированного состояния частей резервуара, в частности уторного узла.

В первом разделе рассмотрен объект исследования РВС-30000, производство резервуаров, классификация резервуаров, виды резервуаров, их монтаж и эксплуатация.

Во втором разделе рассмотрены технологии изготовления уторных соединений, методы расчета НДС уторного соединения.

В третьем разделе освещена аналитическая методика расчета и результаты расчета.

В четвертом разделе приведена методика расчета уторного соединения методом конечных элементов и результаты расчета.

В пятом разделе рассматривается социальная ответственность. Освещено возможное влияние сырья, оборудования, условий работы на окружающую среду и человека. Техника безопасности и действия при чрезвычайных ситуациях.

В шестом разделе рассчитана ресурсоэффективность проведенного исследования.

Обзор литературы

Вертикальные стальные резервуары в процессе эксплуатации подвергаются множеству внешних и внутренних влияний: избыточному давлению, неравномерной осадке основания, температурным деформациям, действию гидростатической нагрузки, вакууму и другим.

В настоящий момент уделяется большое внимание к РВС, исчерпавших свой ресурс, с целью продления эксплуатации. Для достижения необходимой надежности и безопасности, необходимо проводить теоретические и экспериментальные исследования устойчивости и прочности, так же необходимо разрабатывать новые методики, позволяющие определить реальное напряженно-деформированное состояние резервуаров.

Теоретическим и методическим вопросом напряженно-деформированного состояния резервуаров посвящены работы многих ученых и специалистов: Хоперского Г.Г. [15], Катанова А.А. [27], Слепнева И.В. [18], Сметанникова О.Ю. [24, 25, 26], Березина В.Л. [4, 5, 6, 7], Арзуняна А.С. [1], Евдокимова В.В. [26], Шутова В.Е. [7, 10], Тарасенко А.А. и Чепура П.В. [19, 20, 21, 22, 23], Ашкинази М.И. [2, 3], Буренина В.А. [9], Любушкина В.В. [16], Бородавкина П.П. [8], Лебедева В.Д. [13, 14], Сафаряна М.К. [10, 12, 13], Галеева В.Б. [16, 17], Головачева А.А. [24, 25], и других.

Результаты исследования напряженно-деформированного состояния узла сопряжения стенки с днищем отражены в трудах ученых: Шутова В.Е. [7], Стулова Т.Т. [29], Сафаряна М.К. [28, 12, 13], Ашкинази М.И. [3], Березина Л.В. [7], и других.

Большая часть из вышперечисленных работ проводилась в начале становления расчета НДС резервуаров. Для упрощения математической модели принимались некоторые допущения.

Первым из многих Стулов Т.Т. [29] попытался учесть при оценке НДС резервуара неравномерную осадку основания. Для определения НДС резервуара, Стулов Т.Т. ввел большое количество упрощений, и поэтому расчетные результаты

сильно расходились с экспериментальными.

В работах Буренина В.А. [9], Слепнева И.В. [18], Галеева В.Б. [16, 17], Любушкина В.В. [16], Бородавкина П.П. [8] было рассмотрено НДС днища вертикального резервуара при неравномерной осадке основания. Была получена зависимость, позволяющая определять в зависимости от осадки основания максимально допустимые напряжения.

В работах Тарасенко А.А. [34, 35], Слепнева И.В. [36], Галеева В.Б. [33], Хоперского Г.Г. [15], Чепура П.В. [37] представлены новейшие исследования по анализу влияния неравномерной осадки по периметру днища на НДС стенок резервуара.

В работе Слепнева И. В. [18] к рассмотрению НДС резервуаров был применен метод конечных элементов (МКЭ). Слепнев И. В. предлагает использовать МКЭ для оценки НДС резервуара при неравномерных осадках. Однако данная методика неприменима для определения НДС резервуаров, когда предусматривают их пространственное положение.

Научные труды Тарасенко А.А. [34, 35] представляют собой разработанные рекомендации для ремонта РВС с подъемом конструкции. В процессе исследования автор экспериментальным путем исследовал НДС РВС в процессе его подъёма, после результаты эксперименты были сравнены с теоретическими исследованиями НДС при подъеме резервуара. В итоге было выявлено, что несовершенство геометрической формы стенок резервуара, оказывают существенное влияние на НДС РВС.

Данная методика исследования НДС РВС при подъеме под действием эксплуатационных нагрузок с учетом определения их действительного пространственного положения недостаточно точна для расчета. В работе [35] предпринята попытка определить НДС резервуара на основе МКЭ с использованием программных систем, его реализующих. Автором выполнена детальная работа по проектированию резервуара и моделированию его элементов различными наиболее подходящими конечными элементами (КЭ), что позволило решить поставленную задачу. Однако разработанная модель не может быть

использована для анализа НДС РВС с его неравномерным осадением, так как модель не учитывает неравномерность осадения и фактическую геометрическую форму поверхности стенки резервуара, более того, используемый КЭ не позволяет этого сделать.

В работе [15] автор оценивает напряженно-деформированное состояние вертикального стального резервуара и ее конструктивных элементов при равномерной и неравномерной осадке РВС. Целью исследования равномерной осадки было определено влияние коэффициента постели грунтового слоя на напряженно деформированное состояние резервуара, которое, по результатам исследования, отсутствует. Основным недостатком в этой части работы является то, что автор рассматривает только один размер резервуара при наличии фундаментного кольца под его стенкой. Другие случаи не рассматриваются. В качестве модели резервуара с неравномерным осадком выбрана модель неосесимметричного деформирования замкнутой оболочки, описываемая упрощенной системой дифференциальных уравнений. В качестве метода решения системы дифференциальных уравнений предлагается использовать метод интегральных матриц. Разработанный автором метод не позволяет применять его для определения НДС резервуара под воздействием нагрузок возникших во время эксплуатации с учетом их фактического пространственного положения по нескольким причинам: предложенный способ определения НДС РВС при неравномерных осадках не учитывает фактическую геометрическую форму поверхности стенки РВС, по сути, рассматривается случай идеального цилиндра, деформированного в вертикальной плоскости; для задания граничных условий разработан отдельный метод определения неравномерных составляющих в осадке резервуара, основанный на предположении об идеальной окружности донного края и представлении неравномерного осадка в виде полилинии.

1. Объект исследования

1.1 Производство резервуаров

Резервуар вертикальный стальной (РВС) – наземное инженерное сооружение, выполненное в виде цилиндра, используемое для приёма, качественной подготовки, коммерческого учёта, хранения и выдачи жидких продуктов (таких как нефть, вода, нефтепродукты, кислоты, щелочи, сжиженные газы и т.д.).

Технологии сборки: листовая, рулонированная или комбинированный метод. На завод по производству резервуарных конструкций следует выполнять в соответствии со стандартом на основе сертифицированной системы менеджмента качества продукции, что гарантирует соответствие требованиям ГОСТ Р серии ИСО 9000, рабочие детализованные чертежи КМД резервуаров, разработанных в соответствии с проектом КМ, а также утвержденных в установленном порядке процесса. Несмотря на простоту конструкции производство вертикальных стальных резервуаров представляет собой трудоемкий процесс.

Материалы, полученные заводом-изготовителем, должны подлежать входному контролю на предмет их соответствия требованиям нормативной, конструкторской и отгрузочной документации. Металлические изделия должны быть маркированы, отсортированы, выложены по маркам стали и профилям. В дальнейшей обработке, необходимо, клеймом нанести на все детали резервуара номер плавки. Обработка листового металла должна осуществляться с использованием механизированной газовой резки, плазменной резки и другого оборудования, изготавливающего детали с размерами, предельными отклонениями и отделкой поверхности, указанными на чертежах. Края деталей после кислородной, механической или плазменной резки не должны иметь завалов, заусенцев и неровностей, не более 0,5 мм. Поскольку нефть является агрессивной средой, резервуары на стадии проектирования укрепляются припуском на коррозию, поэтому толщина конструктивных элементов будет толще. Изготовленные конструкции РВС должны быть маркированы заводом изготовителем, содержащим обозначение монтажного элемента и заводской номер заказа. Маркировка

наносится на ярлыки или крепежные элементы, прикрепленные к упаковке элементов одной марки.

При обнаружении дефекта на любом этапе дефектные конструкции ремонтируются или заменяются за счет завода-изготовителя. Транспортировка должна осуществляться в оригинальной упаковке в соответствии с утвержденными чертежами отгрузки.

Классификация РВС

РВС классифицируются по следующим особенностям:

- назначению;
- основному используемому материалу;
- генеральному конструктивному решению;
- расположению;
- режиму эксплуатации;
- по группам оперативного использования;
- типам величине рабочего избыточного давления;
- видам;
- степени опасности;
- и т.д.

При выборе материала для изготовления резервуара важным аспектом является его назначение.

По используемому материалу резервуары разделяют на:

- металлические
- неметаллические (железобетонные)

По конструктивным особенностям в исполнении разделяют резервуары на следующие типы: РВС, РВСПК (плавающей крышей), РВСП (с понтоном).

Разделение по режиму работы основано на рабочем давлении (избыточное и вакуум), режиме температур и оперативном использовании.

В зависимости от величины общего объема резервуара, принято разделять на

классы опасности:

- 1 класс опасности – объем РВС более 50000 м³,
- 2 класс опасности – объемом РВС от 20000 м³ до 50000 м³, также объемом от 10000 м³ до 50000 м³, если РВС расположены в черте города, либо по берегам крупных водоемов и рек,
- 3 класс опасности – объем РВС от 1000 м³ до 20000 м³,
- 4 класс опасности – объем РВС менее 1000 м³.

1.2 Виды резервуаров

Основные виды исполнений резервуарных конструкций:

- РВС без понтона со стационарной крышей;
- Резервуары вертикальные стальные цилиндрические;
- РВСПК с плавающей крышей;
- РВСП с понтоном и со стационарной крышей.

Для любого химического и нефтяного производства РВС является неотъемлемым элементом структуры. Стальные резервуары классифицируются материалами изготовления, способами размещения и назначением.

По расположению выделяют:

- Надземные;
- Подземные,
- наполовину подземные ёмкости.

Выпускают резервуары с плоской, конической и сферической крышей. Вертикальные стальные резервуары производят с внутренним объёмом от 100 до 100000 м³, при необходимости их объединяют в «резервуарный парк».

Резервуарный парк (рисунок 1.2.1) – это несколько резервуаров находящиеся в одном месте. Резервуарный парк состоит из резервуаров, трубопроводов, насосного оборудования, средств пожаротушения и других узлов.



Рис. 1.2.1 – Резервуарный парк

К основным несущим конструкциям РВС относятся:

- а) стенка, включая все врезки патрубков и люков,
- б) окрайка днища,
- с) кольца жесткости,
- д) каркас и опорное кольцо каркасной крыши,
- е) бескаркасная крыша,
- ф) анкерное крепление стенки.

К ограждающим конструкциям резервуара относятся: настил стационарной крыши и центральная часть днища.

Резервуар РВСП (рисунок 1.2.2) – это резервуары, схожие по конструкции с резервуарами типа РВС (имеют стационарную крышу) и снабжены плавающим понтоном. Понтоны перемещаются по двум направляющим, трубам, одна из которых служит кожухом пробоотборника, снабжены уплотняющим затвором, тщательно заземлены, а другая одновременно используется для ручного отбора проб.

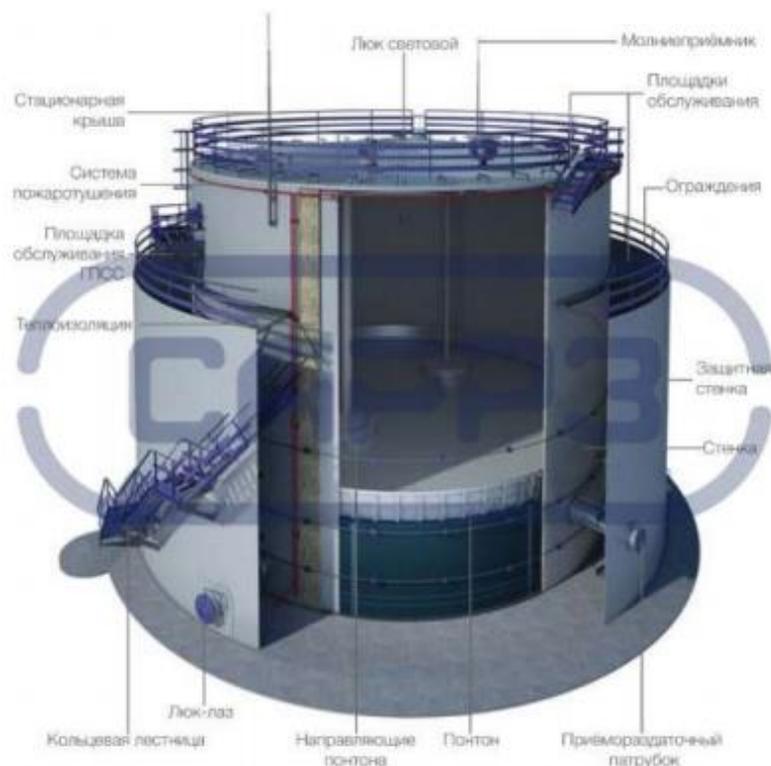


Рисунок 1.2.2 – Резервуар вертикальный стальной с понтоном

Понтон РВСП имеет поплавковую конструкцию, закрывающую не менее 95% поверхности нефтепродукта. Понтоны – это специальные покрытия, которые используются для вертикальных резервуаров и емкостей с нефтепродуктами, которые плавают на поверхности жидкостей и тем самым препятствуют их испарению и возгоранию. Используют понтоны для снижения вредного воздействия промышленных жидкостей на экологию. Понтон можно смонтировать как в новых, так и в находящихся в эксплуатации резервуарах. Ряды круглых поплавков, которые закреплены к верхней балке с помощью прижимных планок, обеспечивают плавучесть понтона, на них закреплены секции настила. Уплотняющий затвор обеспечивает герметичность кольцевого зазора между понтоном и стенкой резервуара. Конструкция понтона сборно-разборная, ремонтпригодная, размеры деталей и сборочных единиц применяемых в конструкции позволяют внести их для монтажа во внутрь резервуара через существующие люки-лазы в нижнем поясе резервуара.

Срок службы РВСП не менее 50 лет, с капитальным ремонтом через каждые 20 лет.

Резервуар с плавающей крышей (рисунок 1.2.3) - является альтернативой резервуарам вертикальным стальным и резервуарам вертикальным стальным с понтоном.



Рис. 1.2.3 – Резервуар с плавающей крышей

Допустимые объемы резервуаров с плавающей крышей от 5000м³ и выше.

Плавающие крыши бывают двух основных типов:

- однодечная плавающая крыша;
- двудечная плавающая крыша.

Однодечная плавающая крыша состоит из герметичных кольцевых коробов, расположенных по периметру крыши, и центральной однослойной мембраны (деки), имеет организованный уклон к центру. Уклон мембраны достигается установкой пригрузов или радиальных ребер жесткости.

Двудечная плавающая крыша может быть выполнена в двух вариантах:

а) С радиальным расположением коробов - крыша состоит из коробов прямоугольной формы, располагаемых на плане крыши в радиальном направлении. Пространство между коробами заполняется на монтаже листовыми вставками по нижней и верхней декам, образуя монтажные отсеки.

б) С кольцевым расположением отсеков - крыша состоит из нижней и верхней дек, соединяемых серией концентрических колец, образующих кольцевые отсеки. Наружный отсек разделяется радиальными переборками на кольцевые короба. Выбор конструкции плавающей крыши (однодечной или двудечной)

осуществляется основании анализа металлоемкости, сроков изготовления, монтажа и надежности эксплуатации.

1.3 Монтаж РВС

Сборка резервуаров - это трудоемкая работа, от качества выполнения которой зависит безопасная работа емкостей (при соблюдении правил эксплуатации).

Монтаж резервуаров можно разделить на три этапа:

- Подготовка площадки строительства и фундамента;
- Монтаж металлоконструкций;
- Испытания.

Работы по сбору резервуара всегда выполняются по технологической карте, проекту строительства и проекту производства работ. Основными исполнительными документами являются акты выполненных работ, испытаний и освидетельствований, исполнительные схемы.



Рис. 1.3.1 – Монтаж резервуара

Для начала сбора емкости должна быть заранее подготовлена площадка строительства, построены необходимые сооружения, проведены транспортные пути, присоединены инженерные сети. Подготовка основания важный этап, от которого зависит равномерность и скорость усадки металлоконструкций, а, следовательно, и на устойчивость и геометрическую форму резервуара.

Подготовка основания и фундамента напрямую зависит от качества грунта и веса металлоконструкций. Для почв, не обладающих достаточной несущей способности, производят уплотнение грунта и его усиление, либо производят замену с отводом грунтовых вод.

Только после приемки фундамента и основания можно осуществлять монтаж РВС.

Рулонный способ монтажа состоит в том, что доставка стенки и днища (диаметром до 12 мм). Перед доставкой на место сбора на заводе сваривают все металлоконструкции частей резервуара.

Порядок сборки резервуара:

а) Элементы днища свариваются на бетонном или грунтовом основании (сначала периферийные листы, затем центральные);

б) Стенка ставится в вертикальное положение. Для монтажа стационарной крыши в центре крепят (постоянная для РВС до 5000 м³, временная - для РВС объемом 10000-20000 м³);

в) Стенку разворачивают по периметру и сваривают двусторонними тавровыми сварными швами. Вместе с тем устанавливают щиты стационарной крыши;

г) Понтон и плавающую крышу устанавливают сразу после установки днища. По периметру верхней кромки монтируются кольца жесткости.

При полистовой сборки резервуара проходит поэтапная сборка отдельных элементов. Сборка поясов начинается с нижнего пояса.

Болтовое соединение элементов стенки является одной из разновидностей полистовой сборки. Способ выгоден для сбора резервуара в труднодоступных и труднопроходимых районах, при таком способе стенка резервуара поставляется на строительную площадку в разобранном виде, днище при этом такое же, как и для метода рулонирования.

После окончания монтажных работ проводится зачистка поверхностей, а затем их антикоррозионная обработка грунтовкой. (СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии)

При выполнении работ по антикоррозионной обработке должны быть учтены требования по охране окружающей среды и требований правил техники безопасности в строительстве: СНиП 2.03.11, СНиП 1.03-05, ГОСТ 12.3.005, ГОСТ 12.3.016, ГОСТ 12.4.011, СН-245.

Перед вводом в эксплуатацию резервуар проходит гидравлические испытания на герметичность и прочность. Крыша проверяется путем налива воды до уровня крыши, за счет чего увеличивается внутреннее давление на крышу.

1.4 Эксплуатация РВС

Персонал должен отслеживать надежность и работу согласно технике безопасности, сохранять качество и количество нефтепродуктов. Соблюдение правил эксплуатации, своевременной подготовки к зимнему сезону и паводку и контроля за техническим состоянием резервуаров позволяет достигнуть выполнения всех задач.

При заполнении резервуара нефтепродуктом, после монтажа, скорость продукта в приемо-раздаточном патрубке должна быть ниже 1 м/с, до полного затопления струи, а в РВСП и РВСПК должна быть до их всплытия, и не зависеть от диаметра патрубка и емкости резервуара. Не допускается разлив нефтепродукта при отборе проб из резервуара, если все-таки произошел разлив, нужно вытереть ветошью насухо, ветошь утилизировать. Запрещается оставлять на крыше посторонние предметы, такие как: пакля, ветошь и другие предметы.

Зачистку резервуаров проводят:

- а) один раз в год - для масел и присадок;
- б) два раза в год для авиационных нефтепродуктов и их компонентов;
- в) один раз в два года для бензина, дизельного топлива и других нефтепродуктов схожих по свойствам.

Так же проводят очистку резервуара по необходимости от ржавчины, высоковязких осадков и пироворных отложений.

У резервуаров, находящихся в эксплуатации должно быть все необходимое

оборудование, которое предусмотрено. Во время перекачки не допускаются одновременные процессы с задвижками по включению нового резервуара и отключению действующего. Наполнение резервуаров нефтью и нефтепродуктами производят при свободно опущенной хлопушке. Хлопушку необходимо закрывать по завершении перекачки.

Осадки основания должны систематически контролироваться. Резервуары, находящиеся в эксплуатации первые четыре года, должны проверяться не реже одного раза в год на состояние с помощью нивелирования и не реже двух раз в год для резервуаров, находящихся в районах со сложными наземными условиями. В резервуарах, которые находятся в эксплуатации в течение четырех или более четырех лет (после осадения резервуара), выравнивание осуществляется каждые пять лет. После выравнивания сделайте заявление с указанием выпадающих осадков в период эксплуатации (ГОСТ 18322-78).

Особое внимание уделяют осмотру сварных швов на окрайке и нижних поясов корпуса и герметичности разъемных соединений.

1.5 Основные параметры и характеристики РВС-30000 м³

Данные о металле корпуса и днища: сталь 09Г2С ГОСТ 5058-65 с дополнительной гарантией ударной вязкости при температуре -40 °С. По нижнему ребру резервуара принято жесткое.

Параметры РВС-30000 приведены в таблице 1.



Рис.1.5.1 – Резервуар РВС-30000

Таблица 1. Параметры резервуара РВС-30000

Параметр	Единица измерения	Значение
Номинальный объем	м ³	30000
Внутренний диаметр стенки	м	45600
Высота стенки	м	18
Расчетная высота налива	м	17,1
Плотность продукта	кг/м ³	900
Количество поясов	шт	8
Длина свисающей части окрайки днища	мм	50
Толщина нижнего пояса	мм	15
Толщина днища	мм	10
Толщина верхнего пояса	мм	10

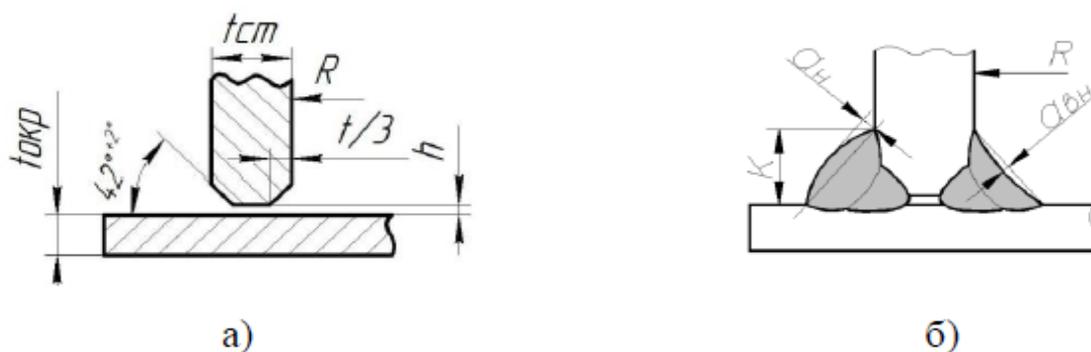
2. Уторное сварное соединение РВС

2.1 Технология изготовления уторного соединения

Сварной шов между стенкой и нижним краем выполняется после установки не менее трех планок стенки резервуара. Эта технология помогает обеспечить прижатие стеновых листов ко дну и предотвратить их коробление. Для предотвращения скольжения стеновых листов их фиксируют монтажными угловыми приспособлениями в поперечном направлении.

При установке первого пояса для сопряжения днища со стенков в жестком вертикальном положении используют подкосы. Для исключения радиальных перемещений стенки относительно кромки с помощью уловителей листы первого борта стены устанавливают по краям. При установке и сварке трех поясов РВС и уторного узла изготавливают подкосы [56-58].

Соединяют окрайку и стенку двухсторонним тавровым соединением без снятия фаски. При толщине стенки более 12 мм используют двусторонний скос. Предельный размер таврового соединения участка углового сварного шва составляет 12 мм. Сечение сварного шва выбирается исходя из толщины наименьшего из свариваемых листов (рисунок 2.1.1).



а) подготовка кромок; б) схема исполнения сварных швов

$t_{окр}$ – толщина окрайки; $t_{ст}$ – толщина стенки; R – радиус резервуара;

K – катет шва; $\alpha_{н}$ – выпуклость наружного уторного шва;

$\alpha_{вн}$ – вогнутость внутреннего уторного шва

Рис. 2.1.1 – Требования к конструкции уторного шва

Определяющие факторы при выборе марок стали для элементов конструкции:

- Минимальный гарантированный предел текучести,
- Ударная вязкость,
- Толщина проката.

Согласно действующей технической документации:

- предел упругости стали должен быть не менее 390 МПа,
- расчетное содержание эквивалента углерода не менее 0,45%.

К наружному шву уторного узла распространяются общие требования к сварным соединениям резервуаров.

Процесс подготовки кромок и формы шва уторного узла следует проводить в соответствии с требованиями для достижения снижения концентрации напряжений:

- внутренняя поверхность уторного узла должна иметь вогнутую форму. Значение должно варьироваться от 0 до 2 мм;

- двухсторонняя фаска кромок сварного шва должна выполняться с углом скоса $42^\circ \pm 2$;

- размер катета внутреннего и внешнего швов уторного узла не должен превышать 1,2 толщины окрайки днища (но не более 14 мм);

- наружная поверхность уторного уза может иметь выпуклую форму. Параметр выпуклости нормируется в пределах от 0 до 2 мм;

- сварочные материалы и сварочные технологии должны быть сертифицированы в соответствии с действующими нормативными документами [42].

Рекомендуемые методы для сварки уторных сварных швов на стыке окрайки и стенки [3]:

- механизированная сварка в диоксиде углерода и его смесях (МП);
- механизированная аргонодуговая сварка плавящимся электродом (МАДП);
- механизированная сварка порошковой проволокой (МПС, МПГ);
- автоматическая сварка под флюсом (АФ).

Согласно действующим стандартам, требование одинаковой прочности является решающим для оценки пригодности сварного шва. Значение предела

прочности на разрыв для материала сварного шва должно быть выше или равно стандартному значению предела прочности на разрыв для основного металла [131].

В соответствии с нормативными документами, сварка сварных швов уторного узла выполняется после завершения монтажа трех поясов стенки. Также в процессе изготовления крепеж монтируется в сопряжении стены и днища, исключая деформацию окрашенных листов.

Режимы сварки сварных соединений дымохода указаны в технологических схемах сварки, эти сварные соединения определяются в зависимости от размеров шва и выбранных способов сварки, установленных в конструкторской документации на резервуар.

В соответствии с [44; 56] применяются следующие виды физического контроля сварных соединений резервуаров:

- радиографический контроль (рентген, рентгенотелевизионный, гамма-излучение);
- метод магнитных частиц;
- ультразвуковая дефектоскопия;
- цвет (хроматический).

Схема размещения рентгенограмм для РК стыковых швов стенки и стыковых швов нижних кромок задается следующим образом:

- для вертикальных стальных резервуаров 3-го класса опасности, изготовленных методом вальцовой сборки, необходимо полностью контролировать монтажные стыки стенок резервуаров;
- выделение зоны контроля осуществляется преимущественно в местах пересечения сварных швов.
- участки вертикальных сварных швов стены в районе примыкания к нижнему краю подлежат 100% РК контролю;
- радиальные швы нижних кромок контролируются в зоне примыкания первого пояса стены;

Объем контроля и вышеперечисленные методы гарантируют достаточный контроль герметичности стыкового соединения и выявление дефектов сварных

швов. Исключением являются внутренние дефекты уторного сварного шва.

Коробление краев при сварке уторного соединения является наиболее негативным побочным эффектом, проявляется в приподнятости краев.

Измерение фактических радиусов и стенки на уровне резервуара производят только после полного завершения сварки уторного шва, радиальных стыков кромок и сварки непрерывным кольцевым [3].

После монтажа стенки и полной проварки уторного узла проводят сварку центральной части днища, это позволяет уменьшить деформацию от действия кромки [64].

При изготовлении стыкового сварного шва часто возникает технологический зазор. При этом в отечественной литературе допустимый размер зазора достигает 2 мм (некоторые отраслевые документы определяют максимальный размер зазора 1 мм [65]). Зарубежные стандарты не допускают наличия зазора.

2.2 Обзор методов расчета НДС уторного сварного соединения

Методы, которые используются для расчета НДС резервуара, сопротивления материалов и строительной механики на данный момент не позволяют решать задачи по расчету прочности РВС с максимально достоверной точностью. Широко применяются численные методы решения возникающих задач, из-за учета реальных условий возникающих нагрузок и свойств материала можно значительно ускорить процесс решения.

Метод конечных элементов является самым распространенным, т.к. имеет ряд плюсов, например, минимальные требования к исходным данным и доступная форма результата.

На сегодняшний день задачи по моделированию элементов металлоконструкций РВС становятся сложнее, в связи с этим разработанные расчетные модели для расчета стенки резервуара на прочность и устойчивость и для сопряжения стенки резервуара с днищем становятся не достаточно доработанными.

В работах Х.М. Муштари, В.Л. Березина и др. [45; 69; 18; 72] рассмотрен МКЭ как наиболее качественное средство анализа трехмерного нелинейного НДС конструкции резервуаров.

При численном анализе равновесия пространственных конструкций важнейшими преимуществами являются возможность применения нерегулярных расчетных сеток, позволяющей моделировать с требуемой точностью объекты сложной геометрической формы, и теоретически доказанная сходимость МКЭ. Использование данного метода позволяет решать широкий круг практических задач для сложных неоднородных конструкций.

Из-за достаточности аналитических решений для текущего нормативного срока эксплуатации в данный момент не существует регламентированной методики оценки НДС уторного узла РВС. При постановке задачи на продление ресурса уторного узла РВС повышается значимость фактора критерия точности определения НДС. При использовании допущений для осуществления инженерных методов расчета при реализации аналитических зависимостей теории оболочек алгоритм сводится к решению задачи совместной работы днища и основания. Плюсом является возможность вычислить главные параметры без сложных расчетов. Минусом подобного упрощения является невозможность вычисления деформаций уторного узла.

Указанные минусы существующих аналитических моделей описаны в работах авторов [46]. Главным допущением можно считать расчленение системы на элементы (окрайка - стенка), при этом деформации учитываются без привязки друг к другу. Такие допущения искажают реальную картину результатов в резервуаре [67; 75].

2.3 Определение НДС уторного сварного соединения

Для расчета РВС используют теорию тонкостенных оболочек вращения, так как имеем дело с несущими элементами в виде листовых конструкций. По форме осевого сечения оболочки вращения бывают сферическими, каплевидными,

коническими и цилиндрическими.

РВС - это сложная сварная конструкция, которая состоит из листовых элементов различной толщины. На резервуары воздействуют различные знакопеременные нагрузки создавая концентраторы напряжений, тем самым представляя опасность в областях сопряжений и стыков. Следствием увеличения градиента зон НДС становятся пластические деформации в областях присутствия концентраторов и дефектов. Достижение максимальных значений эксплуатационных нагрузок является отрицательным аспектом, так как значительно уменьшает несущую способность [81 - 83].

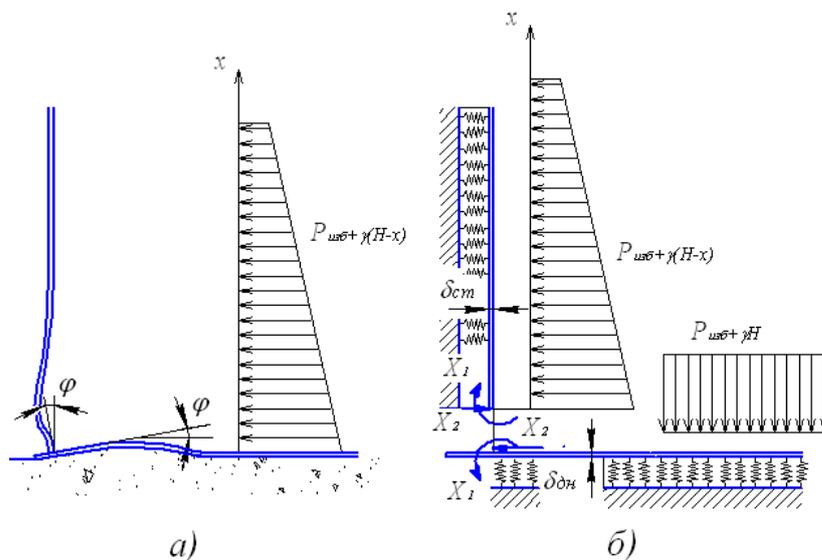
Многие задачи по расчету РВС, в том числе сопряжение окрайки со стенкой на устойчивость и прочность и определение сопряжения окрайки со стенкой решены с максимальной точностью.

3 Аналитический расчет НДС уторного сварного соединения РВС

3.1 Методика расчета

В месте стыка окрайки и стенки возникает краевой эффект, этот эффект приводит к изгибу оболочек из-за изгибающих моментов, кольцевых усилий и дополнительных меридиональных и поперечных сил. Напряжения изгиба добавляются к меридиональным и краевым напряжениям.

Методика расчета единицы вызывного сигнала была предложена С.П. Тимошенко, разработанная М. Каравайченко, М. Сафарян и М. Ручимский и другие. Возникновение совместных действий изгибающих моментов и сил сдвига объясняется ограничением радиальных деформаций стенки и днища в зоне уторного сварного соединения. Место соединения днища с окрайкой статически неопределенно, поэтому используется метод сил. Система уравнений имеет вид двух статически определяемых систем, образующие мысленным разделением фона и стены в точке соединения. Далее производится решение этих систем. На рисунке 3.1.1 изображена расчетная схема приложения нагрузки, которая используется для расчета силовым методом.



- а) исходная система – совместная деформация окрайки и стенки; б) основная система для расчета уторного узла методом сил

Рисунок 3.1.1 – Расчетная схема метода сил для приложения нагрузок на уторное соединение

Участки резервуара рассматриваются как сектор единичной ширины от оси симметрии до внешней. В систему уравнений вводятся дополнительные силы неизвестной величины (X_1 - изгибающий момент, X_2 - поперечная сила). Путем решения системы уравнений находятся величины введенных неизвестных. Основным условием этой системы является условие совместности перемещений стенки и дна в точке сопряжения. Все перемещения элементов горизонтальной плоскости под действием внешней нагрузки, момента и поперечной силы принимаются равными нулю. Система уравнений выглядит как (1):

$$\begin{cases} (\delta_{11}^{cm} + \delta_{11}^{дн}) \cdot X_1 + \delta_{12}^{cm} \cdot X_2 + \Delta_{1p}^{cm} + \Delta_{1p}^{дн} = 0 \\ \delta_{21}^{cm} \cdot X_1 + \delta_{22}^{cm} \cdot X_2 + \Delta_{2p}^{cm} = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

где, $\delta_{ij}^{дн}, \delta_{ij}^{ст}$ - единичные перемещения окрайки и стенки от единичного момента X_1 и единичной силы X_2 ;

$\Delta_{ip}^{дн}, \Delta_{ip}^{ст}$ - единичные перемещения окрайки и стенки от внешних нагрузок.

Перемещения окрайки и стенки $\delta_{ij}^{дн}, \delta_{ij}^{ст}$ получают из решения дифференциальных уравнений, описывающих положение оси стенки и днища как балок на упругом основании.

Для стенки резервуара дифференциальное уравнение четвертого порядка будет выглядеть (2):

$$D_{cm} \frac{d^4 V}{dx^4} + \frac{E \cdot \delta_{cm}}{R^2} V = p_x, \quad (2)$$

и для днища (3):

$$D_{cm} \frac{d^4 V}{dx^4} + k_{дн} \cdot V = p_x, \quad (3)$$

где $k_{дн}$ - коэффициент постели днища, зависящий от упругих свойств основания резервуара.

Обозначив коэффициент постели стенки как

$$k_{cm} = \frac{E \cdot \delta_{cm}}{R^2},$$

и введя нужную подстановку

$$\frac{k_{cm}}{D_{cm}} = 4 \cdot m_{cm}^4,$$

уравнение (3) преобразуется (4):

$$\frac{d^4 V}{dx^4} + 4 \cdot m_{cm}^4 \cdot V = \frac{p_x}{D_{cm}}, \quad (4)$$

где $D_{cm} = \frac{E \cdot \delta_{cm}^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)}$ – цилиндрическая жесткость стенки;

$m_{cm} = \sqrt[4]{\frac{k_{cm}}{4 \cdot D_{cm}}}$ – коэффициент деформации стенки;

E – модуль упругости стали;

μ – коэффициент Пуассона.

Аналогично преобразуется дифференциальное уравнение для днища (5):

$$\frac{k_{дн}}{D_{дн}} = 4 \cdot m_{дн}^4,$$

$$\frac{d^4 V}{dx^4} + 4 \cdot m_{дн}^4 \cdot V = \frac{p_0}{D_{дн}}, \quad (5)$$

где p_0 – давление в нижней точке резервуара.

Перемещения V определяются путем решения уравнений (4) и (5), которые имеют следующий вид (6):

$$V = e^{-kx} (c_1 \cdot \sin kx + c_2 \cdot \cos kx) + e^{kx} (c_3 \cdot \sin kx + c_4 \cdot \cos kx) + V^*, \quad (6)$$

где V^* – частное решение дифференциального уравнения.

Для конструкции резервуара рассчитываются следующие расчетные соотношения (7 – 13):

$$\delta_{11}^{cm} = \frac{1}{m_{cm} \cdot D_{cm}}, \quad (7)$$

$$\delta_{12}^{cm} = \delta_{21}^{cm} = \frac{1}{2 \cdot m_{cm}^2 \cdot D_{cm}}, \quad (8)$$

$$\delta_{22}^{cm} = \frac{1}{2 \cdot m_{cm}^3 \cdot D_{cm}}, \quad (9)$$

$$\Delta_{1p}^{cm} = \frac{\rho_H \cdot g}{k_{cm}}, \quad (10)$$

$$\Delta_{2p}^{cm} = \Delta_{1p}^{cm} \cdot H, \quad (11)$$

$$\delta_{11}^{дн} = \frac{1}{m_{дн} \cdot D_{дн}} \cdot \frac{1 + \varphi^2 + 2 \cdot \theta^2}{4}, \quad (12)$$

$$\Delta_{1p}^{\text{дн}} = -\frac{p_0 \cdot m_{\text{дн}}}{2k_{\text{дн}}} [1 - \varphi \cdot \psi + 2 \cdot \theta \cdot \xi]. \quad (13)$$

Используем функции для определения перемещений в днище (14 – 17):

$$\theta = e^{-m_{\text{дн}} \cdot c} \cdot \cos(m_{\text{дн}} \cdot c); \quad (14)$$

$$\xi = e^{-m_{\text{дн}} \cdot c} \cdot \sin(m_{\text{дн}} \cdot c); \quad (15)$$

$$\varphi = \theta + \xi; \quad (16)$$

$$\psi = \theta - \xi. \quad (17)$$

где c – длина свисающей части окрайки днища.

Для определения введенные неизвестных параметров – изгибающего момент X_1 и поперечной силы X_2 , используется уравнение (1).

Расчет на прочность стенки резервуара и днища, а также расчет на прочность сварного соединения производится после определения значений силовых факторов X_1 и X_2 в узле сопряжения.

Проверку прочности таврового соединения окрайки - стенки, состоящего из двух угловых швов, производят на одновременное воздействие изгибающего момента X_1 и поперечной силы X_2 по металлу шва (18):

$$\sqrt{\left(\frac{X_1}{\delta_{\text{ст}}}\right)^2 + \left(\frac{X_2}{2}\right)^2} < \beta_f k_f l_w R_{wf} j_c \quad (18)$$

и металлу границы сплавления (19):

$$\sqrt{\left(\frac{X_1}{\delta_{\text{ст}}}\right)^2 + \left(\frac{X_2}{2}\right)^2} < \beta_z k_f l_w R_{wz} j_c. \quad (19)$$

где l_w – длина шва;

$\delta_{\text{ст}}$ – толщина первого пояса стенки, м;

k_f – катет углового шва, м;

R_{wf} – расчетное сопротивление угловых швов срезу по металлу шва;

R_{wz} – расчетное сопротивление угловых швов срезу по металлу границы сплавления;

$\beta_f = 0,7$, $\beta_z = 1$ при механизированной сварке диаметром проволоки менее 1,4 мм.

3.2 Результаты аналитического расчета

Расчеты были произведены в программном комплексе Mathcad 15. Исходные данные собраны в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные аналитического расчета

Внутренний диаметр D, м	45600
Высота столба жидкости H, м	17,4
Толщина стенки обечайки s, м	0,015
Толщина стенки днища s _d , м	0,01
Длина свисающей части окрайки днища с, м	0,05
Плотность дизельного топлива, кг/м ³	900

Определение силовых факторов

Радиус обечайки, м:

$$R := \frac{D}{2} = 2.28 \times 10^4 \text{ м}$$

Модуль продольной упругости, Па:

$$E = 2.06 \cdot 10^{11} \text{ Па};$$

Коэффициент Пуассона

$$\mu = 0.28;$$

Коэффициент постели стенки:

$$k_{\text{ст}} := \frac{E \cdot s}{R^2} = 6.222$$

Цилиндрическая жесткость стенки:

$$D_{\text{ст}} := \frac{E \cdot s^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} = 7.208 \times 10^4$$

Коэффициент деформации стенки:

$$m_{\text{ст}} := \sqrt[4]{\frac{k_{\text{ст}}}{4 \cdot D_{\text{ст}}}} = 0.068$$

Коэффициент постели днища:

$$k_{\text{дн}} := \frac{E \cdot s_{\text{д}}}{R^2} = 3.963$$

Цилиндрическая жесткость днища:

$$D_{\text{дн}} := \frac{E \cdot s_{\text{д}}^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} = 1.863 \times 10^4$$

Коэффициент деформации днища:

$$m_{\text{дн}} := \sqrt[4]{\frac{k_{\text{дн}}}{4 \cdot D_{\text{дн}}}} = 0.085$$

Давление в нижней точке резервуара, Па:

$$p_0 := 9.81 \cdot H \cdot \rho_{\text{дт}} = 1.536 \times 10^5 \text{ Па}$$

Зависимость единичных перемещений окрайки и стенки от единичного момента X_1 и единичной силы X_2 и от внешних нагрузок:

$$\delta_{11\text{ст}} := \frac{1}{m_{\text{ст}} \cdot D_{\text{ст}}} = 2.035 \times 10^{-4}$$

$$\delta_{12\text{ст}} := \frac{1}{2 \cdot m_{\text{ст}}^2 \cdot D_{\text{ст}}} = 1.493 \times 10^{-3}$$

$$\delta_{21\text{ст}} := \delta_{12\text{ст}} = 1.493 \times 10^{-3}$$

$$\delta_{22\text{ст}} := \frac{1}{2 \cdot m_{\text{ст}}^3 \cdot D_{\text{ст}}} = 0.022$$

$$\Delta_{1\text{Рст}} := \frac{9.81 \cdot \rho_{\text{дт}}}{k_{\text{ст}}} = 1.419 \times 10^3$$

$$\Delta_{2\text{Рст}} := \Delta_{1\text{Рст}} \cdot H = 2.469 \times 10^4$$

где

$c = 0.05$ м - размер свисающей части окрайки днища;

Расчетные функции:

$$\theta := e^{-m_{дн} \cdot c} \cdot \cos(m_{дн} \cdot c) = 0.996$$

$$\xi := e^{-m_{дн} \cdot c} \cdot \sin(m_{дн} \cdot c) = 4.252 \times 10^{-3}$$

$$\varphi := \theta + \xi = 1$$

$$\psi := \theta - \xi = 0.991$$

Система уравнений для определения краевых нагрузок:

$$\begin{cases} (\delta_{11cm} + \delta_{11dn}) \cdot X_1 + \delta_{12cm} \cdot X_2 + \Delta_{1Pcm} + \Delta_{1Pdn} = 0; \\ \delta_{21cm} \cdot X_1 + \delta_{22cm} \cdot X_2 + \Delta_{2Pcm} = 0; \end{cases} ;$$

Решив систему уравнений, находим силовые факторы:

$$X_1 := z_0 = 3.238 \times 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$X_2 := z_1 = -1.149 \times 10^6 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}}$$

Проводим проверку на совместное воздействие изгибающего момента X_1 и поперечной силы X_2 :

$$\sqrt{\left(\frac{X_1}{s}\right)^2 + \left(\frac{X_2}{2}\right)^2} < \beta_f \cdot k_f \cdot l_w \cdot R_{wf} \cdot 10^6 \cdot j_c$$

и металлу границы сплавления

$$\sqrt{\left(\frac{X_1}{s}\right)^2 + \left(\frac{X_2}{2}\right)^2} < \beta_z \cdot k_f \cdot l_w \cdot R_{wz} \cdot 10^6 \cdot j_c$$

где l_w – длина шва, принимается равной 1 м;

$s = 0,015$ – толщина первого пояса стенки, м;

$k_f = 0,012$ – катет углового шва, м;

$R_{wf} = 215$ – расчетное сопротивление угловых швов срезу по металлу шва, МПа;

$R_{wz} = 225$ – расчетное сопротивление угловых швов срезу по металлу границы сплавления, МПа;

$j_c = 2$ – количество угловых швов;

$\beta_f = 0,7$, $\beta_z = 1$.

$$\sqrt{\left(\frac{X_1}{s}\right)^2 + \left(\frac{X_2}{2}\right)^2} = 20633810$$

$$\beta_F \cdot k_F \cdot l_w \cdot R_{wf} \cdot 10^6 \cdot j_c = 3612000$$

$$\beta_Z \cdot k_F \cdot l_w \cdot R_{wz} \cdot 10^6 \cdot j_c = 5400000$$

Условие прочности шву выполняется:

$$\sqrt{\left(\frac{X_1}{s}\right)^2 + \left(\frac{X_2}{2}\right)^2} < \beta_F \cdot k_F \cdot l_w \cdot R_{wf} \cdot 10^6 \cdot j_c$$

$$1015884 < 3612000$$

Условие прочности по границе сплавления выполняется:

$$\sqrt{\left(\frac{X_1}{s}\right)^2 + \left(\frac{X_2}{2}\right)^2} < \beta_Z \cdot k_F \cdot l_w \cdot R_{wz} \cdot 10^6 \cdot j_c$$

$$1015884 < 5400000$$

Все рассмотренные условия выполняются, следовательно расчеты верны.

В ходе аналитического расчета в программе Mathcad 15 было получено эквивалентное напряжение 247 МПа.

4. Расчет НДС уторного сварного соединения методом конечных элементов

4.1 Порядок расчета

Метод конечных элементов (МКЭ) - численный метод решения дифференциальных уравнений деформируемой среды. Сущность МКЭ заключается в том, что в обход дифференциальных уравнений деформируемой среды на основе вариационных принципов механики упругого тела строятся процедуры поиска численных полей неизвестных функций в деформируемом теле – перемещений, сил, напряжений. [1, 73]

Рассматриваемый выше метод характерен для методов дискретного анализа. Суть методики состоит в том, что деформируемое тело целиком аппроксимируется через разделение ее на конечные элементы. При помощи специально выбранных функций, в каждом элементе показывается поведение среды. Сравнивая с другими численными методами, метод конечных элементов основывается на физической дискретизации исследуемого тела, подвергшегося деформации. Для данных функций необходимо создать такие условия, чтобы во всей среде присутствовала непрерывность описываемых характеристик. При создании геометрических и численных моделей используемые программные комплексы различны. Так, например при создании геометрической модели, необходимы следующие параметры: выравнивание относительно осей, толщина, материал, параметры нелинейности.

Стоит отметить, что выше сказанные параметры применимы как для оболочечных, так и балочных конструкций. Для получения этих параметров широко используется модуль Static Structural Mechanical, где также имеется возможность задать граничные условия, настроить параметры контактного взаимодействия и создать конечно-элементную сетку.

С помощью графической платформы Workbench производят решение поставленных задач. Решение краевой задачи в соответствии с логикой метода происходит в три этапа:

Этап 1 – «предпроцессинг» - На данном этапе создается конечно-элементная объекта. На данном этапе реализуются следующие процессы:

- 1) Настройка программы, установка типа конечного элемента.
- 2) Выбирается тип задачи. Задаются характеристика элемента.
- 3) Задание контактных пар(для контактной задачи). Установка характеристики контактной задачи. Установка модели задачи.

4) Для загрузки геометрической модели из графической среды Workbench широко применяется опция DesignModeller.

5) На выбор определяющих уравнений метода конечных элементов влияет и те свойства, которые мы задаем, которые в свою очередь отвечают за модель материала, например, билинейный, упруго-пластичный, линейно-упругий и другие.

6) Необходимые параметры сетки мы задаем непосредственно при разбивке. Также выполняется процедура по разбиению геометрической модели на конечные элементы.

7)Выбираются свойства объекта, которые рассматривались в расчетах; указывается материал объекта. Стоит отметить, что свойства можно набрать, используя клавиатуру или загрузить из базы данных материалов программного обеспечения ANSYS.

После первого этапа следует процедура по приданию модели требуемых граничных и физических условий, а также решение задачи:

- 1) необходимо задать граничные условия
- 2) Защемления, связи (перемещения), силы и другие
- 3) надо выбрать один из двух методов анализа: статический или динамический
- 4) выбрать наиболее предпочтительный метод решения системы уравнений методом конечных элементов
- 5) Указываются необходимые функции вычислительных процедур
- 6) Число итераций, а также число шагов нагружения
- 7) Происходит решение системы уравнений, которые мы получили методом конечных элементов, вследствие чего становится доступным файл с результатом.

В нем мы можем увидеть вектор, найденных узловых перемещений (степеней свободы).

После второго этапа осуществляется анализ результатов расчета, а также постпроцессинговая обработка. Вычисленные физические величины методом конечных элементов, а именно деформация, перемещение, напряжение, выводится в виде анимации, графиков, таблиц, картинок. Для этого мы используем графическое окно ANSYS.

После осуществления всех выше перечисленных процессов решения задачи, с помощью программного обеспечения ANSYS на локальном диске рабочего компьютера появляется база данных, которая несет в себе всю информацию о рассматриваемой модели. Для того чтобы продолжить исследовать модель, необходимо данную базу данных конвертировать в бинарный файл.

4.2 Построение геометрической модели

3D модель резервуара была построена с помощью программы КОМПАС 3D 15 по геометрическим параметрам из таблицы 1. Крыша резервуара не была смоделирована из-за специфики исследования, но ее влияние на конструкцию было учтено приложенной силой.

Чтобы создать 3D модель резервуара, были начерчены отдельные части резервуара: днище с выступающей частью окрайки, пояса разной толщины и уторное соединение.

Для создания днища резервуара в «Эскизе» начертили окружность, затем с помощью операции «Выдавливание» вытянули ее на 10 мм в толщину.

Чтобы создать пояса РВС в «Эскизе» была начерчена окружность, затем операцией «Придать толщину» задаем толщину в 14 мм, для остальных поясов по их толщине соответственно. Далее вытягиваем пояс с помощью команды «Выдавливание» на 2000 мм.

Уторное соединение сделано совместно с первым поясом, в «Эскизе» был начерчен профиль стенки резервуара с уторным соединением, затем с помощью

операции «Вытянуть вокруг оси» создаем первый пояс РВС с толщиной стенки 15 мм, катеты сварного соединения 12 мм.

Далее собираем части резервуара в сборку, для этого вставляем ранее созданные части и составляем их в общую модель РВС. Для целостности модели были сделаны сопряжения с помощью функции «Совпадение поверхностей» для исключения зазоров между деталями.

На рисунке 4.2.1 изображена конечная сборка РВС.

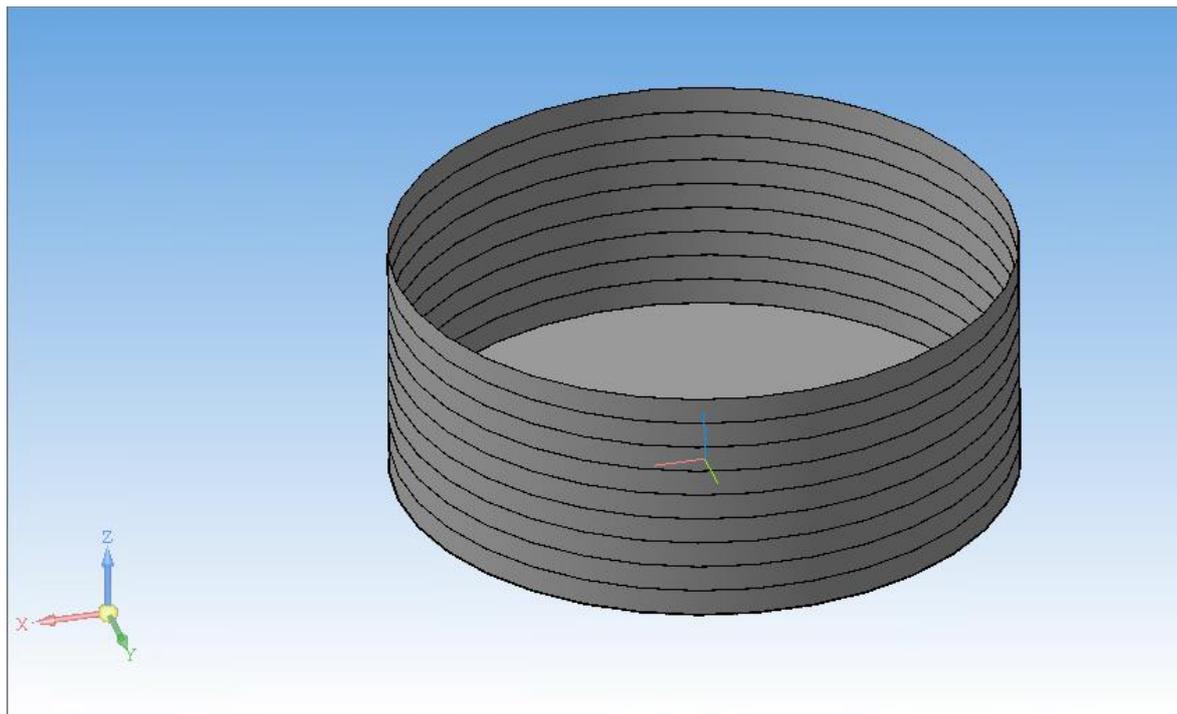


Рис. 4.2.1 – 3D модель РВС-30000

4.3 Создание конечно-элементной модели

Сетку конечных элементов строим с помощью элемента SHELL181, он больше всего подходит для построения сетки на тонкостенных оболочках.

Конечно-элементную сетку мы разбиваем в том случае, если нам необходимо вывести на экран численную модель резервуара. К примеру, сетка для центральной части днища, стенки, окрайки, то есть для оболочечных конструкций создается благодаря оболочечным элементам “surface body”. Сетка на балочных конструкциях, то есть на линейных объектах создается при помощи балочных элементов «beam».

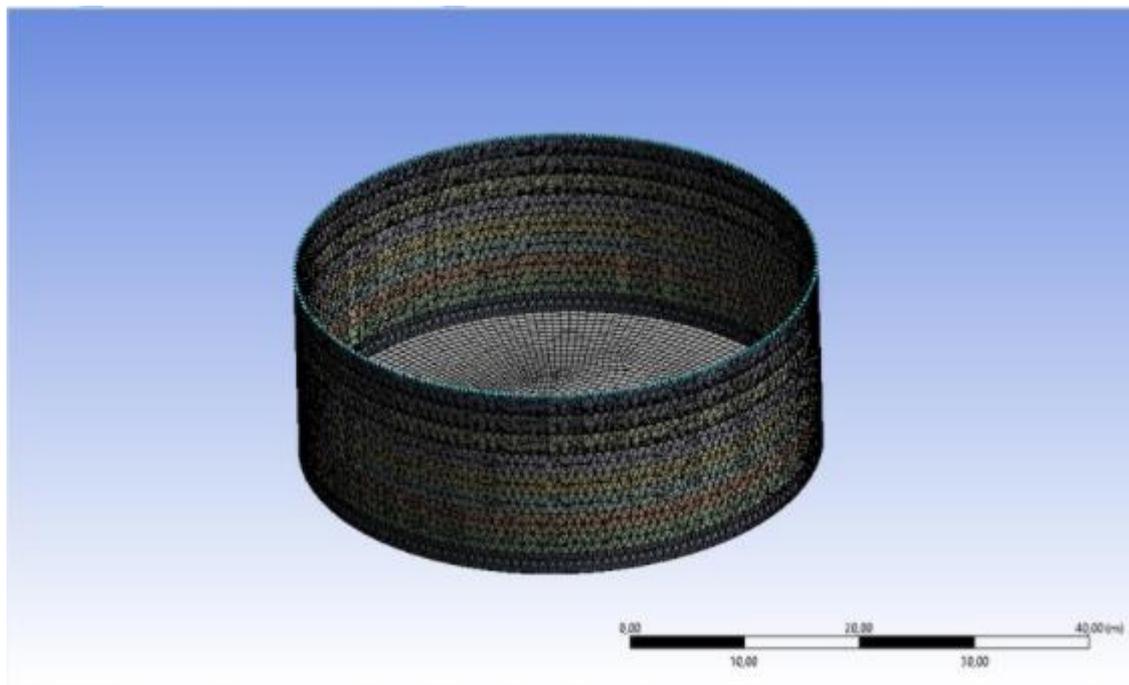


Рис. 4.3.1 – Конечно-элементная сетка

Обозначение граничных условий и контактных пар

Основным требованием при построении считается достаточность. Перед тем, как запустить расчетный модуль, нужно определить все неизвестные величины с необходимой точностью. Многие исследователи, посвятившие свои работы расчету напряженного-деформированного состояния РВС методом конечных элементов, существенно упрощали свои модели, и как правило это сказывалось на точности расчетов.

Опорой вертикального стального резервуара, служит, как правило, подготовленное естественное основание. Чаще всего это подсыпки на основание резервуара, выполненных из грунтовых и песчаных подушек. С помощью условия «elastic support» закрепим основание резервуара в контакте с грунтовым основанием, т.к. во время эксплуатации резервуар под действием различных эксплуатационных нагрузок давит всем своим весом на основание и фундаментальное кольцо. Коэффициент постели при моделировании вертикального стального резервуара принимался в соответствии району строительства. Для модели, представленной в диссертации коэффициент постели

составляет 200 МН/м^3 , данный коэффициент характерен для плотного песчано-глинистого грунта.

Метод Лагранжа является основным алгоритмом решения задач с контактами элементов смешанного типа. Этот метод основан на итеративном представлении метода штрафной функции. Значения напряжения трения и контактного давления увеличиваются во время итераций баланса до такой степени, что окончательное проникновение не меньше допуска на проникновение. В этом случае данный метод является наиболее эффективным, так как при создании модели РВС-30000 чаще всего используются контакты "поверхность – поверхность" и "узел – поверхность".

4.4 Результаты расчета

Цель данной работы заключалась в вычислении прочности уторного сварного соединения РВС. Для этого было рассмотрено распределение эквивалентных напряжений в РВС. При расчете РВС-30000 были приложены нагрузки (Таблица 2).

Таблица 2 – Нагрузки, приложенные к РВС-30000.

№	Параметр	Значение	Ед. измерения
1	Гидростатическая нагрузка	плотность	900
		высота	17100
2	Вакуумное давление	250	Па
3	Избыточное давление	2000	Па
4	Вес крыши РВС	150	кН
5	Гравитационная нагрузка	9,81	$\text{м}^2/\text{с}$

На рисунке 4.4.1 изображено гидростатическое давление, действующее на внутреннюю поверхность резервуара.

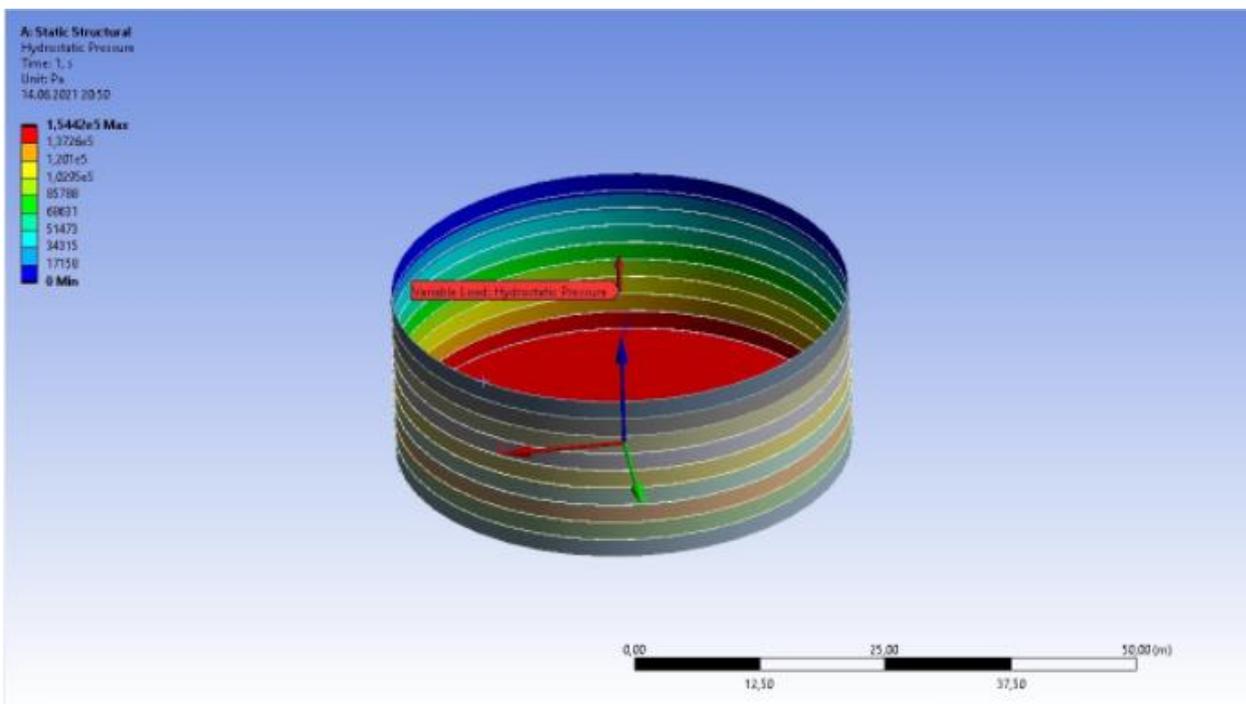


Рис. 4.4.1 – Гидростатическое давление

На рисунке 4.4.2 изображено распределение эквивалентных напряжений. Из рисунка видно, что значения напряжений находятся в диапазоне от 0,1 МПа до 280 МПа.

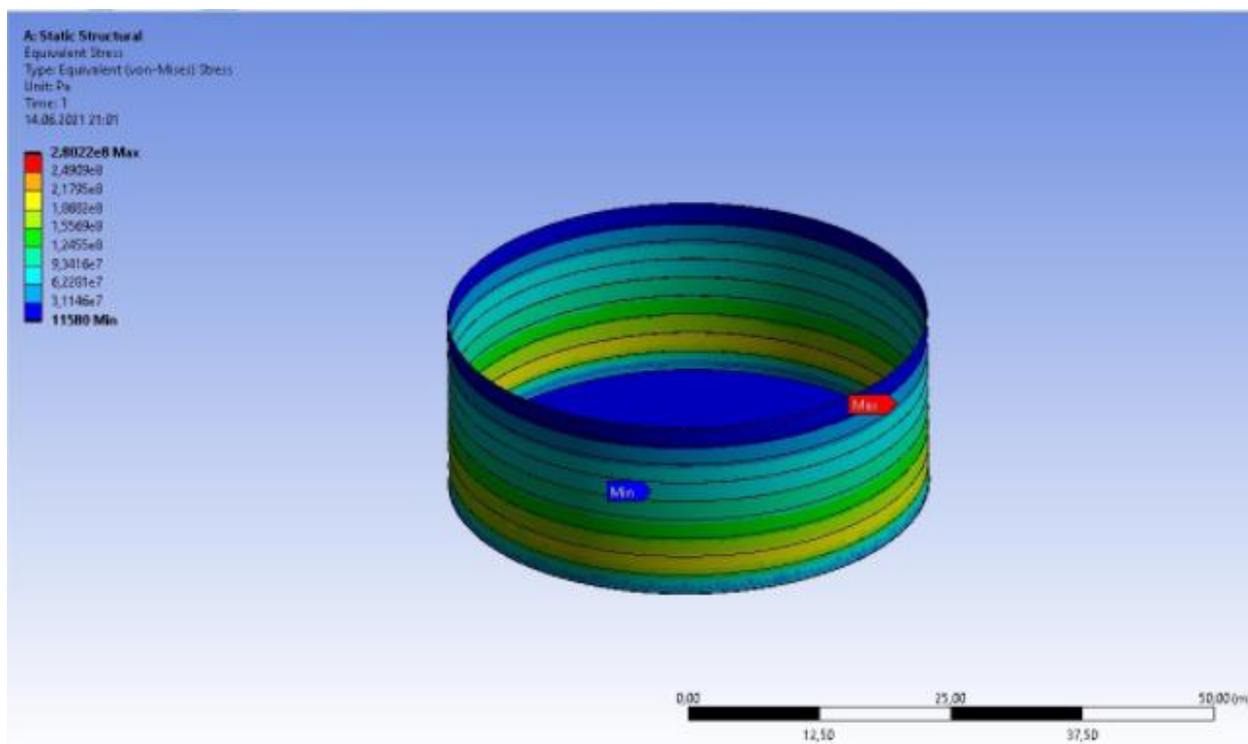


Рис. 4.4.2 – Распределение эквивалентных напряжений

Результаты расчетов показывают, что напряжение в уторном узле составляют

примерно 240-250 МПа.

5. Социальная ответственность

Магистерская диссертация посвящена исследованию резервуара вертикального стального 30000 м³. В данном разделе рассматривается возможное влияние используемого оборудования, сырья, энергии, продукции и условий работы на человека и окружающую среду; техника безопасности при работе с оборудованием и действия при чрезвычайных ситуациях.

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

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

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

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

Основной профессией, обслуживающей резервуарные парки, является оператор товарный. В обязанности оператора входит управление технологическим процессом с пульта управления из помещений операторных, что составляет 50% времени рабочей смены, визуальное наблюдение за работой оборудования насосных и транспортных коммуникаций, обход резервуарного парка – 44% рабочего времени. Кроме того, операторы обеспечивают предварительную подготовку оборудования к капитальному ремонту. 6% времени рабочие занимаются личными делами. Размер оклада будет зависеть от сезона года и климатогеографических особенностей региона, так же оклад зависит от разряда

оператора. Уровень зарплаты варьируется от 55000 тысяч до 90000 тысяч рублей.

Вместе с тем отдельные нормативные акты содержат положения о размере доплат за работу во вредных условиях труда. Так, постановлением Министерства труда РФ от 25 апреля 1995 года № 25 рекомендовано при оплате труда работников организации внебюджетной сферы экономики тарифные ставки (оклады) на работах с тяжелыми и вредными условиями труда увеличивать по сравнению с тарифными ставками (окладами) для аналогичных работ с нормальными условиями труда на 12%, а на работах с особо тяжелыми и особо вредными условиями труда — на 24%.

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

- Закон об основах охраны труда в РФ №181-ФЗ от 17.07.1999 г (с изменениями от 20 мая 2002 г., 10 января 2003 г., 9 мая, 26 декабря 2005 г.).
- Федеральный закон о промышленной безопасности опасных производственных объектов 116-ФЗ от 21.07.1997 г. с изменениями от 7.08.2000 г.
- Трудовой кодекс №197-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 13.04.2014)
- Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности ПБ 08- 624-03
- Инструкции по технике безопасности предприятия.
- Порядок разработки деклараций безопасности промышленного объекта РФ. МЧС, Госгортехнадзор №222/59 от 4.04.1996 г. – ГОСТ 12.0001-82 ССБТ «Система стандартов безопасности труда»
- Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. СНиП .21/2.11.567-96 от 31.10.1996 г.
- Закон о пожарной безопасности №69-ФЗ, принят 21.12.1994 г (с дополнениями и изменениями от 22.08.1995 г, от 18.04.1996г, от 2.01.1998 г, от 11.2000 г. от 27.12.2000 г.) - Пожарная охрана предприятий. Общие требования. НБТ - 201-96, утв. 01.03.1992г.
- Правила пожарной безопасности РФ ППБ-01-93. МВД РФ 14.12.1993 г.,

дополнения к ним от 25.07.1995г.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

Компоновка резервуарного парка, расстояния между стенками резервуаров, вместимость групп резервуаров и расстояния между группами должны соответствовать требованиям СНиП 2.11.03-93.

По периметру резервуара или каждой группы резервуаров необходимо предусматривать замкнутое обвалование, шириной по верху не менее 0,5 м, рассчитанными на гидростатическое давление разбившейся жидкости. Технические параметры по устройству обвалования должны соответствовать СНиП 2.11.03-93, исходя из объема резервуара по строительному номиналу;

Для освещения резервуарных парков следует применять прожекторы, установленные на мачтах, расположенных за пределами внешнего обвалования и оборудованных помостками и лестницами для обслуживания.

Для местного освещения следует применять аккумуляторные фонари напряжением не более 12 В во взрывобезопасном исполнении, включение и выключение которых должно проводиться вне обвалования.

Профессиональная социальная безопасность

Таблица 5.1

Факторы	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Повышение уровня общей вибрации			+	СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
Повышение уровня шума		+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Рассмотрим вредные производственные факторы, которые действуют или могут воздействовать на организм человека при обслуживании резервуарного парка, а также рассмотрим нормативные значения этих факторов и мероприятия, направленные на снижение или устранение этих факторов

Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны:

В настоящее время для оценки допустимости проведения работ и их нормирования на открытом воздухе в условиях крайнего севера (а также районах приравненных к районам крайнего Севера) используется понятие предельной жесткости погоды (эквивалентная температура, численно равная сумме отрицательной температуре воздуха в градусах Цельсия и удвоенной скорости ветра в м/с), устанавливаемая для каждого района решением местных региональных органов управления.

Предельная жесткость погоды, ниже которой не могут выполняться работы на открытом воздухе, колеблется в пределах от -40 до -45 °С.

При эквивалентной температуре наружного воздуха ниже -25 °С работающим на открытом воздухе или в закрытых необогреваемых помещениях, а также грузчикам, занятым на погрузочно-разгрузочных работах, и другим работникам, ежедневно должен быть обеспечен обогрев в помещении, где необходимо поддерживать температуру около +25 °С.

Работающие на открытом воздухе должны быть обеспечены в зимнее время спецодеждой и спецобувью с повышенным суммарным тепловым сопротивлением, а также защитными масками для лица. При работах, связанных с ограниченностью движения, следует применять спецодежду и спецобувь со специальными видами обогрева.

Работники должны быть обучены мерам защиты от обморожения и оказанию доврачебной помощи.

В рабочих зонах помещения и площадки обслуживания температура воздуха различна в теплый и холодный периоды года.

Интенсивность теплового облучения от работающих агрегатов и от нагретых поверхностей не должна превышать 35 Вт/м² при облучении 50% поверхности тела, 70 Вт/м² при облучении 25-50% поверхности тела и 100 Вт/м² при облучении менее 25%. Максимальная температура при этом 28°С (301 К).

Для поддержания микроклимата предусматриваются приточная и вытяжная вентиляции, нагреватели и кондиционеры.

Профилактика перегревания работников осуществляется организацией

рационального режима труда и отдыха путем сокращения рабочего времени для введения перерывов для отдыха, использования средств индивидуальной защиты.

Превышение уровней шума.

Допустимый уровень шума составляет 80 дБА. Запрещается даже кратковременное пребывание в зоне с уровнями звукового давления, превышающими 135 дБА.

К коллективным средствам и методам защиты от шума относятся:

- совершенствование технологии ремонта и своевременное обслуживание оборудования;
- использование средств звукоизоляции (звукоизолирующие кожухи); средств звукопоглощения.

Также необходимо использовать рациональные режимы труда и отдыха работников.

В качестве СИЗ Государственным стандартом предусмотрены заглушки-вкладыши (многократного или однократного пользования, вкладыши "Беруши" и др.), заглушающая способность которых составляет 6-8 дБА. В случаях более высокого превышения уровней шума следует использовать наушники, надеваемые на ушную раковину. Наушники могут быть независимыми либо встроенными в головной убор или в другое защитное устройство.

Превышение уровней вибрации

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

Вибробезопасные условия труда должны быть обеспечены:

- применением вибробезопасного оборудования и инструмента; применением средств виброзащиты, снижающих воздействие на работающих вибрации на путях ее распространения от источника возбуждения;

– 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).

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Для резервуарных парков и участков работ необходимо предусматривать общее равномерное освещение. При этом освещенность должна быть не менее 2 лк независимо от применяемых источников света, за исключением автодорог. При подъеме или перемещении грузов должна быть освещенность места работ не менее 5 лк при работе вручную и не менее 10 лк при работе с помощью машин и механизмов.

Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны

Контроль воздушной среды должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях посредством газоанализатора или рудничной лампы. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). Предельно допустимая концентрация пыли, как вещества умеренно опасного, в воздухе рабочей зоны составляет 1,1-10 мг/м³, для природного газа ПДК 300 мг/м³.

При работе в местах, где концентрация вредных веществ в воздухе может превышать ПДК, работников должны обеспечивать соответствующими противогазами.

При работе с вредными веществами 1-, 2-, 3-го классов опасности (ртуть, одорант, сероводород, метанол, диэтиленгликоль и т.д.) должно быть обеспечено регулярное обезвреживание и дезодорирование СИЗ.

Уменьшение неблагоприятного воздействия запыленности и загазованности воздуха достигается за счет регулярной вентиляции рабочей зоны.

Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Опасными производственными факторами называются факторы, способные при определенных условиях вызывать острое нарушение здоровья и гибели человека.

Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением

При несоблюдении правил безопасности при изготовлении, монтаже и эксплуатации оборудование работающее под высоким давлением обладает повышенной опасностью.

Причинами разрушения или разгерметизации систем повышенного давления могут быть: внешние механические воздействия, старение систем (снижение механической прочности); нарушение технологического режима; конструкторские ошибки; изменение состояния герметизируемой среды; неисправности в контрольно-измерительных, регулирующих и предохранительных устройствах; ошибки обслуживающего персонала и т. д.

Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования, работающего под давлением, распространяются:

- работающие под давлением пара или газа свыше 0,07 МПа;
- на баллоны, предназначенные для транспортирования и хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов под давлением свыше 0,07 МПа;
- на цистерны и бочки для транспортирования и хранения сжиженных газов, давление паров которых при температуре до 50 °С превышает давление 0,07 МПа;
- на цистерны и сосуды для транспортирования или хранения сжатых, сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел, в которых давление выше 0,07 МПа создается периодически.

Основным требованием к конструкции оборудования работающего под высоким давлением является надежность обеспечения безопасности при и возможности осмотра и ремонта. Специальные требования предъявляются к сварным швам. Они должны быть доступны для контроля при изготовлении, монтаже и эксплуатации, располагаться вне опор сосудов. Сварные швы делаются

только стыковыми.

Ответственность за исправное состояние и безопасную эксплуатацию сосудов должна быть возложена на специалиста, которому подчинен персонал, обслуживающий сосуды.

Пожаровзрывобезопасность на рабочем месте

При обеспечении пожарной безопасности ремонтных работ следует руководствоваться 09-364-00 «Типовая инструкция по организации безопасного проведения огневых работ на взрывоопасных взрывопожароопасных объектах»; и другими утвержденными в установленном порядке региональными СНиП, НД, регламентирующими требования пожарной безопасности.

Места проведения ремонтных работ должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения:

Все работники должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа, а при изменении специфики работы проходить дополнительное обучение по предупреждению и тушению возможных пожаров в порядке установленном руководителем.

Вся передвижная техника в охранной зоне МГ должна быть обеспечена искрогасителями заводского изготовления.

Самоходная техника, сварочные агрегаты, компрессоры, задействованные в производстве подготовительных и огневых работ, должны быть обеспечены не менее чем двумя огнетушителями ОУ-10, ОП-10 (каждая единица техники).

В помещениях на видных местах должны быть вывешены таблички с указанием порядка вызова пожарной охраны.

Приказом должен быть установлен соответствующий противопожарный режим, в том числе:

- определены места и допустимое количество одновременно находящихся в помещениях материалов;
- установлен порядок уборки горючих отходов, хранения промасленной спецодежды;
- определен порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара и

окончании рабочего дня;

- регламентированы: порядок проведения временных огневых и других пожароопасных работ, порядок осмотра и закрытия помещений после окончания работы, действия работников при обнаружении пожара;

- определен порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также назначены ответственные за их проведение.

Руководитель работ по ремонту газопровода должен совместно с работниками пожарной охраны определить места установки противопожарного оборудования и обеспечить необходимым противопожарным инвентарем.

Горючие отходы, мусор и т.д. следует собирать на специально выделенных площадках в контейнеры или ящики, а затем вывозить.

Применение в процессах производства материалов и веществ с неустановленными показателями их пожаро-взрывоопасности или не имеющих сертификатов, а также их хранение совместно с другими материалами и веществами не допускается.

Объект необходимо обеспечить прямой связью с ближайшим подразделением пожарной охраны или оператором КС.

При работе категорически запрещается курить на рабочем месте. На рабочих местах должны быть вывешены предупредительные надписи: “Не курить”, “Огнеопасно”, “Взрывоопасно”.

В случае возникновения пожара использовать пенные, порошковые, углекислотные огнетушители или приспособления для распыления воды.

Экологическая безопасность

При технической эксплуатации резервуара типа РВС 30000 м³ необходимо соблюдать требования по защите окружающей среды, условия землепользования, установленные законодательством по охране природы.

Перед началом производства работ следует выполнить следующие работы:

– оформить в природоохранных органах все разрешения, согласования и

лицензии, необходимые для производства работ по данному объекту;

- заключить договора со специализированными организациями на сдачу отходов, грунта, сточных вод образующихся в процессе производства работ;
- оборудовать места временного размещения отходов в соответствии с нормативными требованиями.

При организации ремонта необходимо осуществлять мероприятия и работы по охране окружающей среды, которые должны включать предотвращение потерь природных ресурсов, предотвращение попадания загрязняющих веществ в почву, водоемы и атмосферу.

Виды воздействий на природную среду в период эксплуатации резервуара:

- Загрязнение выбросами выхлопных газов от строительной техники при производстве работ;
- Выбросы при опорожнении и заполнении резервуаров;
- Образование и размещение отходов, образующихся при технологической эксплуатации.

Перед началом работ необходимо обеспечить наличие отвода земельного участка. С целью уменьшения воздействия на окружающую среду все работы должны выполняться в пределах полосы отвода земли.

Для снижения воздействия на поверхность земель предусмотрены следующие мероприятия:

- минимально необходимые размеры котлована;
- своевременная уборка мусора и отходов для исключения загрязнения территории отходами производства;
- запрещение использования неисправных, пожароопасных транспортных и строительно-монтажных средств;
- применение строительных материалов, имеющих сертификат качества;
- выполнение работ, связанных с повышенной пожароопасностью, специалистами соответствующей квалификации.

Загрязнение атмосферного воздуха в период эксплуатации за счет неорганизованных выбросов и является кратковременным. К загрязняющим

веществам относятся продукты неполного сгорания топлива в двигателях строительных машин и механизмов, вещества, выделяющиеся при сварке труб, выполнении изоляционных работ.

Мероприятия направленные на защиту атмосферного воздуха в зоне производства работ:

- осуществлять периодический контроль за содержанием загрязняющих веществ в выхлопных газах;
- для уменьшения выбросов от автотранспорта необходимо в период ремонтных работ обеспечить контроль топливной системы механизмов и системы регулировки подачи топлива, обеспечивающих полное его сгорание;
- допускать к эксплуатации машины и механизмы в исправном состоянии, особенно тщательно следить за состоянием технических средств, способных вызывать загорание естественной растительности.

Загрязнение атмосферы в период производства работ носит временный обратимый характер.

Производственные и бытовые стоки, образующиеся на строительной площадке, должны очищаться и обезвреживаться в порядке, предусмотренном проектом организации строительства и проектами производства работ.

Сельскохозяйственные и лесные угодья должны быть возвращены в состояние, пригодное для использования по назначению и сданы землепользователю.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Чрезвычайные ситуации в резервуарных парках хранения нефтепродуктов приводят к большим материальным и человеческим потерям.

ЧС которые могут возникнуть в резервуарном парке, это ЧС техногенного характера и экологического.

В соответствии с Федеральным законом «О защите населения и территорий от

чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» под предупреждением чрезвычайных ситуаций понимается комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь в случае их возникновения.

Согласно данному определению, предупреждение ЧС направленно на решение следующих задач:

- предотвращение возникновения ЧС на объектах экономики;
- снижение тяжести их последствий в случае возникновения.

Комплекс мероприятий по предупреждению ЧС в резервуарных парках хранения нефтепродуктов включает в себя:

- образование федеральной системы комплексного мониторинга, контроля, надзора, прогнозирования и предупреждения ЧС;
- реализацию целевых и научно-технических федеральных программ по проблемам безопасности;
- развитие системы декларирования безопасности объектов экономики, их паспортизации и лицензирования деятельности с учетом безопасности процессов производства.

Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Одним из способов предупреждения возникновения ЧС, повышения эффективности защиты населения и территорий и снижения возможных последствий ЧС в резервуарных парках хранения нефтепродуктов является проведение превентивных мероприятий. С целью снижения вероятности и ущерба от пожара пролива, при разгерметизации резервуаров, расставлены аварийные задвижки непосредственно возле каждого резервуара и в насосной, и установлена система аварийного отключения перекачки продуктов. В зданиях имеется

пожарная сигнализация. К организационным превентивным мерам можно отнести: проведение периодической дефектоскопии внутри объектового трубопровода и резервуаров; поддержание в готовности нештатного аварийно-спасательного формирования на объекте с проведением учебно-тренировочных занятий и учений с персоналом объекта. Основным мероприятием защиты населения и персонала, не участвующего в ликвидации ЧС, считается эвакуация и создание условий для наиболее быстрой эвакуации людей из зоны ЧС. Это достигается использованием систем предполагающих идентификацию факта аварии, систем оповещения, систем дымоудаления. Мероприятия прогнозирования и мониторинга окружающей среды направлены на идентификацию разливов нефтепродуктов, пожаров, взрывов и их прогнозирование с целью предупреждения формирования и персонал о возможных масштабах ЧС. При непосредственной ликвидации ЧС защита формирования представлена комплексом мероприятий основанных на использовании средств индивидуальной защиты, соблюдения всех правил безопасности, с учетом специфики проводимых работ. Для повышения безопасности предприятия предлагается проведения комплекса заблаговременных мероприятий, который включает: применение стационарных лафетных установок, применение системы мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений, молниезащита резервуарного парка хранения нефтепродуктов, мероприятия по повышению огнестойкости зданий и сооружений, проведение организационных превентивных мероприятий. Теплозащитные экраны применяются для локализации лучистой теплоты, уменьшения облученности на рабочих местах. Ослабление теплового потока за экраном обусловлено его поглотительной и отражательной способности.

При ликвидации последствий ЧС техногенного характера осуществляют следующие мероприятия:

- поиск пострадавших;
- определение масштабов, степени и характера повреждений зданий и сооружений;

- определение мест аварий на коммунально-энергетических и технологических сетях, угрожающих жизни пострадавших и затрудняющих проведение спасательных работ;

- отключение поврежденных участков магистральных и разводных коммунально-энергетических и технологических сетей;

- расчистка магистральных маршрутов движения;

- расчистка подъездных путей к объекту ведения работ;

- расчистка площадок для расстановки техники на объекте ведения работ;

- обрушение (укрепление) строительных конструкций зданий и сооружений, угрожающих обвалом или затрудняющих проведение спасательных работ;

- фиксация завалов от смещения;

- высвобождение пострадавших (погибших) из-под завалов;

- оказание пострадавшим первой медицинской помощи и врачебной помощи на месте;

- эвакуация пострадавших в стационарные лечебные учреждения;

- оборудование мест для свалки строительного мусора;

- регистрация погибших (или их захоронение).

Предприятия нефтяной промышленности представляют собой, наиболее сложные в инженерном отношении объекты. Они подвержены большому числу рисков и сами представляют собой потенциальную угрозу персоналу, населению и окружающей среде. Для принятия обоснованных инженерных и управленческих решений по защите людей и материальных ценностей необходимо разбираться в процессах формирования поражающих факторов, знать характеристики опасных веществ и источников, уметь прогнозировать масштабы и последствия чрезвычайных ситуаций.

При хранении значительных объемов прожаровзрывоопасных продуктов и высоком давлении на предприятиях нефтяной промышленности необходимо обеспечивать надежность и предупреждение аварий, способных приводить к ЧС, что возможно достичь путем внедрения новых инженернотехнических устройств, методов и способов ведения работ. Стратегическими направлениями повышения

уровня безопасности, являются реконструкция и техническое перевооружение на основе современных достижений науки и техники; создание механизмов стимулирования и контроль реализации программ реконструкции и развития; создание барьеров на пути реализации политики экстенсивной эксплуатации производств, вывод из эксплуатации неперспективных производств.

Вывод по разделу:

В разделе социальная ответственность были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, вопросы производственной и экологической безопасности, а также возможные чрезвычайные ситуации на объектах исследования.

Раздел имеет важное значение, так как резервуары и резервуарные парки являются опасными производственными объектами, на которых имеется большой ряд вредных факторов.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение

В настоящее время, более 70% эксплуатирующего оборудования в России выработало свой ресурс (срок эксплуатации 30-35 лет). Известно, что аварии и отказы происходят в начальный период эксплуатации из-за дефектов монтажа, затем следует период безаварийной работы, а после 15-20 лет эксплуатации количество отказов, аварийных ситуаций резко возрастает, вследствие накопления повреждений, возникших при эксплуатации. Одним из наиболее опасных объектов были и остаются различные виды резервуаров. В системе трубопроводного транспорта, например, более 3000 РВС находятся в эксплуатации более 50 лет, свыше 1000 РВС - от 40 до 50 лет. Экономически выгодная эксплуатация резервуара не может быть обеспечена без должного наблюдения за техническим состоянием и своевременным устранением неполадок. Нарушение прочности и герметичности в резервуарах в большинстве случаев вызывается совокупностью различных неблагоприятных воздействий на конструкции. Элементы резервуара в эксплуатационных условиях испытывают значительные быстроменяющиеся температурные режимы, повышение давления, вакуум, вибрацию, неравномерные осадки и коррозию. Практически каждый из резервуаров представляет собой объект повышенной опасности для персонала предприятия, населения, соседних сооружений и окружающей среды. Также можно отметить, что резервуары, как и любой технический объект, имеют свой ресурс и каждое предприятие стремится повысить экономическую эффективность производства товаров или услуги с наименьшими издержками, что означает отсутствие потерь в использовании ресурсов.

Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт: Резервуар вертикальный стальной 30000 м³

Целевой рынок: нефтяные и газовые компании.

Таблица 6.1 – Карта сегментирования рынка услуг по виду исследования пускового устройства

		Вид исследования пускового устройства		
		Расчет РВС	3D модель и анализ работы РВС	Конструирование РВС
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

«Роснефть»
 «Сургутнефтегаз»
 «Транснефть»

В различных исследованиях резервуар вертикальный стальной необходим в основном крупным компаниям, так как данный резервуар прост в сборке и обслуживании. Крупным компаниям важна простота и долговечность. Для каждого резервуарного парка используют оборудование с разными техническими характеристиками.

3D модель имеет не мало важную роль для конструирования РВС, так как при создании трехмерной модели, в специальных программах, типа Ansys, можно смоделировать отклонение от вертикали и посмотреть, как он будет вести себя в рабочем режиме, где будут максимальные нагрузки. На основе расчетов и трехмерной модели ведется конструирование, учитываются все просчеты.

1. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить

сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты.

Таблица 6.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _б	К _ф	К _{к1}	К _б
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Срок службы	0,13	3	2	2	0,39	0,26	0,26
2.Ремонтопригодность	0,1	4	2	3	0,4	0,2	0,3
2. Надежность	0,12	3	3	3	0,36	0,36	0,36
4. Простота ремонта	0,1	3	2	1	0,3	0,2	0,1
5.Удобство эксплуатации	0,08	4	3	3	0,32	0,24	0,24
6. Уровень шума	0,11	4	3	3	0,44	0,33	0,33
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентоспособность продукта	0,03	4	3	2	0,12	0,09	0,06
2.Уровень проникновения на рынок	0,08	4	2	3	0,32	0,16	0,24
3. Цена	0,1	3	3	3	0,3	0,3	0,3
4.Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
5.Послепродажное обслуживание	0,06	4	3	3	0,24	0,18	0,18
6.Наличие финансирования поставщиками оборудования	0,02	2	3	2	0,04	0,06	0,04
Итого	1	43	33	32	3,51	2,66	2,69

Б_ф – Резервуар вертикальный стальной;

Б_{к1} – Резервуар вертикальный стальной с понтоном;

Б₆ – Резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей.

По таблице 6.2 видно, что наиболее эффективно использовать резервуар вертикальный стальной, так же он является наиболее конкурентоспособным к другому виду, так как обладает рядом преимуществ, например, удобство в эксплуатации, а также минимальное количество подвижных частей, что обеспечивает долговечность работы резервуара.

$$K_1 = \frac{43}{33} = 1,3 \quad (20)$$

SWOT – анализ

SWOT – анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализовываться.

В первом этапе обычно описываются сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа:

1. Сильные стороны проекта:

- Высокая экономичность технологии.
- Экономичность технологии.
- Повышение безопасности производства.
- Уменьшение затрат на ремонт оборудования.

2. Слабые стороны проекта:

- Трудность внедрения функции.
- Отсутствие на предприятии собственного специалиста, способного произвести внедрение функции.

3. Возможности:

- Повышение эффективности работы предприятия за счет модернизации.

- Сокращение расходов.
- Качественное обслуживание потребителей.
- Сокращение времени простоев.

4. Угрозы проекта:

- Отсутствие спроса на новые производства;
- Снижение бюджета на разработку;
- Высокая конкуренция в данной отрасли.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа. Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – SWOT-анализ. Итоговая матрица

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая эргономичность технологии. 2. Экономичность технологии. 3. Повышение безопасности производства. 4. Уменьшение затрат на ремонт оборудования. 5. Внедрение новых узлов оборудования и совершенствования технологических процессов. 	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Трудность внедрения функции. 2. Отсутствие на предприятии собственного специалиста, способного произвести внедрение функции.
--	---	--

<p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышение эффективности работы предприятия за счет модернизации. 2. Сокращение расходов. 3. Качественное обслуживание потребителей. 4. Сокращение времени простоев 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Достижение повышения производительности агрегатов. 2. Исключение поломок оборудования в результате сбоев в электроснабжении. 3. Своевременная поставка нефти и природного газа потребителям. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поиск заинтересованных лиц 2. Разработка научного исследования 3. Принятие на работу квалифицированного специалиста. 4. Переподготовка имеющихся специалистов
<p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие спроса на новые производства; 2. Снижение бюджета на разработку; 3. Высокая конкуренция в данной отрасли. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. 2. Доработка проекта 3. Сложность реализации проекта. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Приобретение необходимого оборудования опытного испытания 2. Остановка проекта. 3. Проведения других проектов

Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителей
Выбор темы исследования	1	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, исполнитель
	2	Выбор алгоритма исследования	Руководитель
	3	Подбор и изучение литературы по теме	Исполнитель
Разработка тех задания	4	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Исполнитель
	6	Проектирование модели и проведение экспериментов	Исполнитель
Обобщение результатов расчета	7	Оценка результатов исследования	Руководитель Исполнитель
Оформление отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Руководитель Исполнитель

Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (21)$$

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

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

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65%.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (22)$$

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

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

В качестве примера рассчитаем продолжительность 1 работы – проектирование модели и проведение экспериментов:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 7}{5} = 4 \text{ чел.-дн.};$$

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} = \frac{4}{1} = 4 \text{ дн.}$$

Разработка графика проведения научного исследования

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

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по

теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 6.5 – Календарный план–график проведения НИОКР по теме

Вид работ	Исполнители	Т _к , кал,дн	Продолжительность выполнения работ												
			февр			март			апрель			май			
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
Составление и утверждение тех. задания	Р	3	///												
Подбор и изучение материалов по теме	И	18		///	///										
Согласование материалов по теме	Р	9				///	///								
Календарное планирование работ по теме	Р,И	3					///	///							
Проведение теоретических расчетов и обоснование	И	15						///	///	///					
Проектирование 3D модели резервуара	И	10							///	///	///				
Оценка результатов исследования	Р,И	3,8									///	///	///		
Составление пояснительной записки	Р,И	9											///	///	///

Р – руководитель, И – исполнитель.

Бюджет научного исследования

Материальные затраты включают затраты на изготовление опытного образца. Все необходимое спецоборудование и затраты на его приобретение представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.6 – Смета затрат на реализацию проекта

Оборудование	Ед. изм.	Количество			Цена за ед., т.руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Резервуар вертикальный стальной	шт	1	1	1	850	1250	1200
Люк лаз ЛЛ-600 (или люк лаз овальный ЛЛ 600х900) в первом поясе стенки	шт.	1	1	1	16,3	16,3	16,3
Люк световой ЛС-500	шт	1	1	1	83,7	83,7	83,7
ИТОГО:		Исп. 1: 950		Исп. 2: 1350		Исп. 3: 1300	

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

Затраты на покупку компьютера:

$$З = d_k + d_{no} = 25000 + 3000 = 28000 \text{ р,}$$

где d_k – стоимость компьютера;

d_{no} – стоимость программного обеспечения.

Установка специальных программ для исследования и моделирования объекта производится бесплатно.

Основная заработная плата

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

Таблица 6.7 – Расчет основной заработной платы

Наименование работ	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.- дн.			ЗП приходящаяся на 1 чел.-дн.	Всего ЗП по тарифу		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Календарное планирование работ по теме	Руководитель, исполнитель	2	3	2	1,16	2,32	3,48	2,32
Выбор алгоритма исследования	Руководитель	7	9	8	0,93	6,51	8,37	7,44
Подбор и изучение литературы по теме	Исполнитель	2	2	2	0,93	1,86	1,86	1,86
Составление и утверждение тех. задания	Руководитель	12	12	12	0,23	2,76	2,76	2,76
Проведение теоретических расчетов и обоснование	Исполнитель	8	9	9	0,23	1,84	2,07	2,07
Проектирование модели и проведение экспериментов	Исполнитель	6	9	8	0,23	1,38	2,07	1,84
Оценка результатов исследования	Руководитель Исполнитель	4	5	6	1,16	4,64	5,8	6,96
Составление пояснительной записки	Руководитель Исполнитель	5	5	5	1,16	5,8	5,8	5,8
Итого:						27,1	32,21	31,05

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

$$C_{зп} = Z_{осн} \cdot Z_{доп} , \quad (23)$$

Где $Z_{осн}$, $Z_{доп}$ – основная и дополнительная заработная плата ;

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (24)$$

Где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно–техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб. Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{51413 \cdot 10,1}{185} = 2661 \text{ руб.},$$

Где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5 – дневная неделя;

- при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6 – дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб.дн.

Таблица 6.8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней – выходные дни – праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени – отпуск – невыходы по болезни	62	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	185	175

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 23264 \cdot (1 + 0,3 + 0,4) \cdot 1,3 = 51413 \text{ руб.},$$

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

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

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

$k_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

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

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

Таблица 6.9 – Расчет основной заработной платы для исполнения 1

Исполнители	$Z_{тс}$, тыс. руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, тыс. руб.	$Z_{дн}$, тыс. руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, тыс. руб.
Руководитель	23264	0,3	0,4	1,3	51413	2,674	20	53,48
Исполнитель	14584	0	0	1,3	18959	1,126	37	41,66
Итого:								95,14

Таблица 6.10 – Расчет основной заработной платы для исполнения 2

Исполнители	$Z_{тс}$, тыс. руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, тыс. руб.	$Z_{дн}$, тыс. руб.	$T_{р}$, раб. дн.	$Z_{осн}$, тыс. руб.
Руководитель	23264	0,3	0,4	1,3	51413	2,674	24	64,18
Исполнитель	14584	0	0	1,3	18959	1,126	43	48,41
Итого:								112,59

Таблица 6.11 – Расчет основной заработной платы для исполнения 3

Исполнители	З _{тс} , тыс. руб.	к _{пр}	к _д	к _р	З _м , тыс. руб.	З _{дн} , тыс. руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , тыс. руб.
Руководитель	23264	0,3	0,4	1,3	51413	2,674	28	74,87
Исполнитель	14584	0	0	1,3	18959	1,126	49	55,17
Итого:								130,04

Дополнительная заработная плата исполнителей тем

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 53480 = 6952 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 41660 = 5416 \text{ руб.},$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Для исполнения 2 расчет дополнительной заработной платы составит:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 64180 = 8343 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 48410 = 6293 \text{ руб.},$$

Для исполнения 3 расчет дополнительной заработной платы составит:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 74870 = 9733 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 55170 = 7172 \text{ руб.},$$

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (53480 + 6952) = 16377 \text{ руб.},$$

где $k_{внеб} = 27,1\%$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (табл. 4.9).

Таблица 6.12 – Отчисления на социальные нужды

Исполнитель	Основная ЗП, тыс. руб.			Дополнительная ЗП, тыс. руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	53,480	61,180	74,870	6,952	8,343	9,733
Исполнитель проекта	41,660	48,410	55,170	5,416	6,293	7,172
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды	0,271					
Итого:						
Исполнение 1	Исполнение 2		Исполнение 3			
29,134	34,478		39,822			

Прочие расходы

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

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Таблица 6.13 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Материальные затраты НИИ	950000	1350000	1300000
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	95140	112590	130040
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12368	14636	16905
4. Отчисления во внебюджетные фонды	29134	34478	39822
5. Затраты на покупку компьютера	28000	28000	28000
6. Прочие расходы	24000	24000	24000
7. Бюджет затрат НИИ	1138642	1563704	1538767

Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов

исполнения научного исследования.

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^{\rho} = \frac{\Phi_{\rho i}}{\Phi_{\max}}, \quad (25)$$

где I_{Φ}^{ρ} – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{\rho i}$ – стоимость i -го варианта исполнения;

$\Phi_{\rho i}$ – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Для первого варианта исполнения имеем:

$$I_{\Phi}^{\rho} = \frac{\Phi_{\rho i}}{\Phi_{\max}} = \frac{1138642}{1563704} = 0,728,$$

Для второго варианта исполнения имеем:

$$I_{\Phi}^{\rho} = \frac{\Phi_{\rho i}}{\Phi_{\max}} = \frac{1563704}{1563704} = 1,$$

Для третьего варианта исполнения имеем:

$$I_{\Phi}^{\rho} = \frac{\Phi_{\rho i}}{\Phi_{\max}} = \frac{1538767}{1563704} = 0,984.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i^a \quad (26)$$

где I_m^a – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 6.14 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Безопасность	0,1	5	4	4
2. Удобство эксплуатации	0,15	4	3	4
3. Срок службы	0,15	5	3	3
4. Ремонтпригодность	0,20	5	3	5
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	5	4	3
ИТОГО	1	4,6	3,05	3,9

$$I_1^A = 5 \times 0,1 + 4 \times 0,15 + 5 \times 0,15 + 5 \times 0,2 + 4 \times 0,25 + 5 \times 0,15 = 4,6,$$

$$I_2^A = 4 \times 0,1 + 3 \times 0,15 + 3 \times 0,15 + 3 \times 0,2 + 4 \times 0,25 + 4 \times 0,15 = 3,05,$$

$$I_3^A = 4 \times 0,1 + 4 \times 0,15 + 3 \times 0,15 + 5 \times 0,2 + 4 \times 0,25 + 3 \times 0,15 = 3,9,$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{4,6}{0,728} = 6,32,$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_\phi^{a1}} = \frac{3,05}{1} = 3,05,$$

$$I_{финр}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_\phi^{a2}} = \frac{3,9}{0,984} = 3,96,$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = \frac{I_{\text{финр}}^{\text{р}}}{I_{\text{финр}}^{\text{а1}}} = \frac{6,32}{4,6} = 1,37,$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср2}} = \frac{I_{\text{финр}}^{\text{р}}}{I_{\text{финр}}^{\text{а2}}} = \frac{3,05}{3,05} = 1,$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср3}} = \frac{I_{\text{финр}}^{\text{р}}}{I_{\text{финр}}^{\text{а2}}} = \frac{5,38}{3,96} = 1,36.$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{тэ}}^{\text{р}}$ – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{тэ}}^{\text{а}}$ – интегральный технико–экономический показатель аналога.

Таблица 6.13 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,728	1	0,984
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	3,05	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	6,32	3,05	3,96
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,37	1,36	

Вывод к разделу:

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ. Также был посчитан бюджет НИИ, основная часть которого приходится на материальные затраты, связанные с приобретением спецоборудования. Все, вышперечисленные технико-экономические показатели проекта, позволяют сделать вывод о том, что данная конструкция резервуара экономически выгодна.

Заключение

В ходе исследования были рассмотрены технические параметры резервуара вертикального стального (РВС) 30000м³ и уторное сварное соединение. Проведен обзор литературы по тематике исследования, разработана геометрическая модель резервуара и уторного сварного шва. Модель стала основой для расчета в программном комплексе ANSYS.

Так же рассмотрены 2 метода расчета сварного уторного соединения и представлены расчеты. По результатам расчетов можно сделать вывод, что расчет методом МКЭ достоверен, так как разница с результатом аналитического расчета мала.

Список литературы

1. Арзунян А.С. Резервуары с безмоментной кровлей для хранения нефти и нефтепродуктов / Арзунян А.С. – М.: ЦНИИТЭнефть, 1956. – с. 72.
2. Ашкинази М.И. К расчету местных напряжений в стальных резервуарах / Ашкинази М.И., Ланда М.Ш. // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – 1975. – №4. – С. 21-23.
3. Ашкинази М.И. К расчету вертикальных цилиндрических резервуаров большой емкости / Ашкинази М.И., Егоров Е.А. // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – 1976. – №4. – С. 17-18.
4. Березин В.Л. Устойчивость верхних поясов вертикальных цилиндрических резервуаров / Березин В.Л., Гумеров А.Г., Ясин Э.М. // Проектирование, строительство и эксплуатация магистральных газонефтепроводов и баз: Труды НТС Уфимского нефтяного института. – 1969, вып. 3 – С. 316-325.
5. Березин В.Л. Устойчивость верхних поясов стальных вертикальных цилиндрических резервуаров / Березин В.Л., Гумеров А.Г., Ясин Э.М. // Нефть и газ. – 1969. – №4. – С. 81-85.
6. Березин В.Л. Вопросы эксплуатационной надежности резервуаров на нефтеперерабатывающих заводах / Березин В.Л., Мацкин А.А., Гумеров А.Г., Ясин Э.М. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1971. – 67 с.
7. Березин В.Л. Прочность и устойчивость резервуаров и трубопроводов / Березин В.Л., Шутов В.Е. – М.: Недра, 1973. – 223 с.
8. Бородавкин П.П. Характер осадки резервуаров и ее влияние на эксплуатационную надежность при хранении нефтепродуктов / Бородавкин П.П., Маслов Л.С., Шадрин О.Б. // РНТС ВНИИОНГ. – 1965. – №6. – С. 26-29.
9. Буренин В.А. Исследование влияния неравномерных осадок на напряженнодеформированное состояние стального вертикального цилиндрического резервуара: дисс. ... канд. техн. наук: 05.15.13 / Буренин Владимир Алексеевич – Уфа, 1981. – 157 с.

10. Сафарян М.К. Основные положения расчета цилиндрических и сферических оболочек на устойчивость (применительно к резервуаростроению) / Сафарян М.К. // «Монтажные работы в строительстве». – 1967. – М., вып. 2. – С. 20-33.
11. Сафарян М.К. Расчет стальных вертикальных цилиндрических резервуаров большой емкости на действие ветровой нагрузки / Сафарян М.К., Шутов В.Е. // Экспресс-информация ВНИИГазпрома. – 1968. – №1. – С. 15-22.
12. Сафарян М.К. Металлические резервуары и газгольдеры / Сафарян М.К. – М.: Недра, 1987. – 200 с.
13. Лебедев В.Д. Напряженно-деформированное состояние вертикальных резервуаров с учетом консолидации грунтов основания: дисс. ... канд. техн. наук: 25.00.19 / Лебедев Владимир Дмитриевич. – Тюмень, 2006. – 125 с.
14. Лебедев В.Д. Напряженно-деформированное состояние конструктивных частей резервуара при нестабилизированном состоянии его грунтового основания / Лебедев В.Д. // Проблемы эксплуатации систем транспорта: материалы региональной научно-практической конференции. – 2006. – Тюмень: ТюмГНГУ. – С. 162-164.
15. Хоперский Г.Г. Исследование напряженно-деформированного состояния стенки резервуара при неравномерных осадках основания: дисс. ... канд. техн. наук: 05.15.13 / Хоперский Геннадий Григорьевич. – Тюмень, 1998. – 197 с.
16. Галеев В.Б. Экспериментальное исследование механических свойств материала днища вертикальных цилиндрических резервуаров после длительной эксплуатации / Галеев В.Б., Гафаров Р.Х., Любушкин В.В., Юсупов Ф.Ш. // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. РНТС ВНИИОЭНГ. – 1977. – №5. – С. 40-45.
17. Галеев В.Б. Напряженно-деформированное состояние резервуаров, построенных на слабых переувлажненных грунтах: дисс. д-ра техн. наук: 05.15.13 / Галеев Виль Бареевич. – Тюмень, 1987. – 668 с.

18. Слепнев И.В. Напряженно-деформированное упруго-пластическое состояние стальных вертикальных цилиндрических резервуаров при неравномерных осадках оснований: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Слепнев Игорь Владимирович. – Москва, 1988. – 225 с.
19. Тарасенко А.А. Использование программных комплексов при оценке технического состояния и проектировании ремонтов вертикальных стальных резервуаров / Тарасенко А.А., Семин Е.Е., Тарасенко Т.В. // Трубопроводный транспорт. Теория и практика. – 2006. – №4. – С. 85-87.
20. Тарасенко А.А. Исследование изменения напряженно-деформированного состояния вертикального стального резервуара при развитии неравномерной осадки наружного контура днища / Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В. // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10-15. – С. 3409-3413.
21. Тарасенко А.А. Модель резервуара в среде ANSYS Workbench 14.5 / Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В., Тарасенко Д.А. // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10-15. – С. 3404-3408.
22. Тарасенко А.А. Деформирование верхнего края оболочки при развитии неравномерных осадок резервуара / Тарасенко А.А., Чепур П.В., Тарасенко Д.А. // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6-3. – С. 485-489.
23. Чепур П.В. Влияние параметров неравномерной осадки на возникновение предельных состояний в резервуаре / Чепур П.В., Тарасенко А.А. // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8 (7). – С. 1560-1564.
24. Головачев А.А. Расчет напряженно-деформированного состояния стенки нефтеналивного резервуара с дефектом формы в виде вмятины / Головачев А.А., Марков П.В., Сметанников О.Ю. // Прикладная математика и механика: сб. науч. тр. – 2007 – № 8(10).
25. Головачев А.А. Исследования концентрации напряжений в тонкостенных конструкциях со сверхнормативными дефектами формы и материала и создание технологии оценки условий их эксплуатации /

- Головачев А.А., Сметанников О.Ю. // Вестник ПГТУ. Механика. –2009. – №1. – С. 93-102.
26. Евдокимов В.В. Дифференцированный подход к определению допустимых размеров вмятин на поверхности стенки вертикальных цилиндрических резервуаров / Евдокимов В.В., Труфанов Н.А., Сметанников О.Ю. // Промышленное и гражданское строительство. – 2006. – №6. – С. 15-16.
27. Катанов А.А. Расчет напряжений и перемещений в уторном узле и окрайке днища резервуара / Востров В.К., Катанов А.А. // Монтажные и специальные работы. – 2005. – №8. – С. 22-26.
28. Сафарян М.К. Проектирование и сооружение стальных резервуаров / Сафарян М.К., Иванцов О.М. – М.: Гостопттехиздат, 1961. – 328 с.
29. Стулов Т.Т. Расчет наземных резервуаров с учетом устойчивости основания / Стулов Т.Т. // Труды МИНХ и ГП. – 1697. – №5. – С. 95-105.
30. Ямамото С. Напряжения и деформации, образующиеся в резервуарах вследствие неравномерного оседания основания / Ямамото С., Ковано К. // ВДП. №А-49231, с. 18 «Нихон Кикай Гакайси». – 1977. – т. 80, №703. – С. 534-539.
31. Reinhard Gottwald. Field Procedures for Testing Terrestrial Laser Scanners (TLS). A Contribution to a Future ISO Standard / Reinhard Gottwald // FIG Working Week 2008. Integration Generations and FIG/UN-HABITAT Seminar (Stockholm). – 2008. – P. 1-14.
32. Reshetyuk Y. Calibration of terrestrial laser scanners for the purposes of geodetic engineering / Y. Reshetyuk // 3rd IAG – 12th FIG Symposium, Baden, May 2224. – 2006. – 10 p.
33. Галеев В.Б. Эксплуатация стальных вертикальных резервуаров в сложных условиях / Галеев В.Б. – М.: Недра, 1981. – 149 с.
34. Тарасенко А.А. Напряженно-деформированное состояние крупногабаритных резервуаров при ремонтных работах: дисс. ... канд. техн. наук: 05.15.13 / Тарасенко Александр Алексеевич. – Тюмень, 1991. – 253 с.

35. Тарасенко А.А. Разработка научных основ методов ремонта вертикальных стальных резервуаров: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.15.13 / Тарасенко Александр Алексеевич. – Тюмень, 1999. – 299 с.
36. Слепнев И.В. Напряженно-деформированное упруго-пластическое состояние стальных вертикальных цилиндрических резервуаров при неравномерных осадках оснований: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Слепнев Игорь Владимирович. – Москва, 1988. – 225 с.
37. Чепур П.В. Напряженно-деформированное состояние резервуара при развитии неравномерных осадок его основания: дисс. ... канд. техн. наук: 25.00.19 / Чепур Петр Владимирович. – Москва, 2015. – 181 с
38. Галеев В.Б. Эксплуатация стальных вертикальных резервуаров в сложных условиях / Галеев В.Б. – М.: Недра, 1981. – 149 с.
39. Тарасенко А.А. Разработка научных основ методов ремонта вертикальных стальных резервуаров: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.15.13 / Тарасенко Александр Алексеевич. – Тюмень, 1999. – 299 с.
40. ПБ 08-624-03 "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности"
41. ППБ 01-03 "Правила пожарной безопасности в Российской Федерации"
42. Константинов Н.Н. Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов. М., Гостоптехиздат, 1961.
43. Пектемиров Г.А. Справочник инженера нефтебаз / Г.А.Пектемиров. – М.: Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горнотопливной литературы, 1962. – 325с.
44. РД 153 – 39.4 – 078 – 01. Правила технической эксплуатации резервуаров магистральных нефтепроводов и нефтебаз.
45. Трубопроводный транспорт нефти: учебник для вузов: в 2 т. / С.М.Вайншток [и др.]; под общ. ред. С.М. Вайнштока. – М.: ООО «Недра – Бизнесцентр», 2004. – Т. 2. – 621 с.

46. Хранение нефти и нефтепродуктов: учеб. пособие / под общ. ред. Ю.Д. Земенкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Тюмень: Издательство «Век-тор Бук», 2003. – 536 с.
47. Земенков Ю.Д. Транспорт и хранение нефти и газа в примерах и задачах: - СПб.: Недра, 2004, 544 с.
48. СНиП 2.11.03-93 Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы. – Москва, 1993
49. ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gost.ru/docs/cntd.ru/document/>
50. ГОСТ 12.1.012-2004. Вибрационная безопасность; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gost.ru/docs/cntd.ru/document/>
51. Андреев А.Ф. и др. Организация и Управление предприятиями нефтяной и газовой промышленности: Учебное пособие / Под ред. Е.С. Сыромятникова. – М.: Нефть и газ, 1997 – Ч. 1. – 144 с., М.: Нефть и газ, 1999 – Ч. 2. – 139 с.

Приложение 1

Раздел
Приложение 1
Перевод разделов ВКР на иностранный язык

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ95	Кириллов Владислав Павлович		

Руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Зиякаев Г.Р.	К. Т. Н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Утятина Я.В.			

1.1 Production of Tanks

Vertical steel tank (VST) is a surface engineering structure made in the form of a cylinder used for receiving, high-quality preparation, commercial accounting, storage and delivery of liquid products (such as oil, water, oil products, acids, alkalis, liquefied gases, etc.)

Assembly technologies: sheet-by-sheet rolled or combined method. The plant for the production of tank structures should be carried out in accordance with the standard based on a certified product quality management system, which guarantees compliance with the requirements of GOST R ISO 9000. Despite the simplicity of the design, the production of vertical steel tanks is a laborious process.

Materials received by the manufacturer must be subject to incoming control for their compliance with the requirements of regulatory, design and shipping documentation. Metal products must be marked, sorted, laid out according to steel grades and profiles. In further processing, it is necessary to stamp the melt number on all parts of the tank. Sheet metal processing should be carried out using mechanized flame cutting, plasma cutting and other equipment manufacturing parts with the dimensions, tolerances and surface finishes indicated on the drawings. The edges of parts after oxygen, mechanical or plasma cutting should not have blockages, burrs and irregularities, no more than 0.5 mm. Since oil is a corrosive medium, tanks are reinforced with a corrosion allowance at the design stage, so the thickness of the structural elements will be thicker. The manufacturer, containing the designation of the mounting element and the serial number of the order, must mark the manufactured VST structures. Marking is applied to labels or fasteners attached to the packaging of the same brand.

If a defect is found at any stage, the defective structures are repaired or replaced at the expense of the manufacturer. Shipping must be in original packaging in accordance with the approved shipping drawings.

VST classification

VST are classified according to the following features:

- Purpose;
- The main material used;
- General constructive solution;
- Location;
- operating mode;
- By groups of operational use;
- Types of working overpressure value;
- Types;
- Degree of danger;
- Etc.

When choosing a material for making a tank, an important aspect is its purpose.

According to the material used, the tanks are divided into:

- Metal
- Non-metallic (reinforced concrete)

According to their design features, tanks are divided into the following types:

VST, VSEAK (floating roof), VSTP (with a pontoon).

The division by operating mode is based on operating pressure (gauge and vacuum), temperature conditions and operational use.

Depending on the size of the total volume of the tank, it is customary to divide into hazard classes:

- 1 hazard class - the volume of the vertical steel tank is over 50,000 m³,
- Hazard class 2 - with the volume of VST from 20,000 m³ to 50,000 m³, also with a volume of 10,000 m³ to 50,000 m³, if the VST are located within the city, or along the banks of large water bodies and rivers,
- 3rd class of hazard - the volume of vertical steel tanks from 1000 m³ to 20,000 m³,
- 4 hazard class - the volume of the vertical steel tank is less than 1000 m³.

1.2 Types of Tanks

The main types of tank structures:

- VST without a pontoon with a fixed roof;
- VSTP with a pontoon and with a fixed roof;
- VSTFR with a floating roof;
- Vertical steel cylindrical tanks.

Vertical steel tanks (VST) are integral elements of the structure of any refinery or chemical production. Materials of manufacture, placement methods and purpose classify steel tanks. By location, underground, aboveground and half-underground tanks are distinguished. They produce tanks with flat, conical and spherical roofs. Vertical steel tanks are produced with an internal volume of 100 to 100,000 m³, if necessary; they are combined into a "tank farm".

A tank farm is several tanks located in one place. The tank farm consists of tanks, pipelines, pumping equipment, fire extinguishing equipment and other units.

The main load-bearing structures of the VST include: bottom edge, wall, including all cut-outs of branch pipes and hatches, frame and support ring of the frame roof, frameless roof, stiffening rings, wall anchoring. The enclosing structures of the tank include the fixed roof deck and the central part of the bottom.

Reservoir VSTP - these are reservoirs similar in design to reservoirs of the VST type (they have a fixed roof) and are equipped with a floating pontoon. The pontoons move along two guides, pipes, one of which serves as a casing for the sampler, equipped with a sealing gate, carefully grounded, and the other is simultaneously used for manual sampling.

The VSTP pontoon has a float structure that covers at least 95% of the surface of the oil product. Pontoons are special coatings that are used for vertical tanks and containers with oil products that float on the surface of liquids and thereby prevent their evaporation and fire. Pontoons also help reduce the environmental impact of industrial fluids. The pontoon can be installed in both new and existing tanks. The buoyancy of the pontoon is provided by rows of round floats on which the deck

sections are fixed, attached to the upper beam by means of clamping bars. The tightness of the annular gap between the pontoon and the tank wall is ensured by a sealing closure. The design of the pontoon is collapsible, repairable; the dimensions of the parts and assembly units used in the design allow them to be brought in for installation inside the tank through the existing manholes in the lower belt of the tank.

The service life of the VSTP is at least 50 years, with a major overhaul every 20 years.

A floating roof tank is an alternative to vertical steel tanks and vertical steel tanks with a pontoon.

Permissible volumes of floating roof tanks are from 5000m³ and above.

Floating roofs are of two main types:

- Single deck-floating roof;
- Two-deck floating roof.

A single-deck floating roof consists of sealed annular boxes located along the perimeter of the roof, and a central single-layer membrane (deck), has an organized slope towards the center. The slope of the membrane is achieved by installing weights or radial stiffeners.

The double floating roof can be made in two versions:

a) With a radial arrangement of boxes - the roof consists of rectangular boxes located on the roof plan in the radial direction. The space between the boxes is filled during installation with sheet inserts along the bottom and top decks, forming the mounting compartments.

b) With an annular arrangement of compartments - the roof consists of lower and upper decks connected by a series of concentric rings that form annular compartments. Radial bulkheads into annular ducts divide the outer compartment. The choice of a floating roof design (single or double deck) is carried out based on analysis of metal consumption, production time, installation and operational reliability.

1.3 Installation of VST

Installation of tanks is a laborious work, the quality of which determines the safe operation of tanks (subject to the rules of operation).

Installation of tanks is divided into three stages:

- Preparation of the construction site and foundation;
- Installation of metal structures;
- Tests.

All work is carried out in accordance with the flow chart, the project for the production of works and the construction project, which is part of the working documentation. The main executive documents are acts of work performed, tests and surveys, executive schemes.

Before starting the installation of the tank itself, a construction site is being prepared, the necessary structures are being erected, transport routes are being brought in, and engineering networks are connected. The device of the base and foundation is an important stage, since it affects the uniformity and rate of shrinkage of metal structures, and hence the preservation of its geometry and stability. The technology for preparing the foundation and foundation depends on the mass of the metal structures and the quality of the soil. If the soil does not have sufficient bearing capacity, the soil is reinforced and compacted or replaced along with the drainage of groundwater.

Only after acceptance of the foundation and base can the installation of the vertical steel tank be carried out.

Installation of tanks in a roll method consists in delivering a rolled-up wall to the construction site. The bottom can also be supplied in a roll form (up to 12 m in diameter) or as a roof with enlarged elements. Pre-welding of metal structures of the wall, bottom and roof is carried out at the factory.

First, the bottom elements are installed, fastened and welded on a concrete or ground base: first the edges (i.e. peripheral sheets), and then the central part. Further, the wall is installed in a vertical position. In the center, a permanent or temporary

brace (rack) is attached for mounting a fixed roof: permanent for vertical steel tanks up to 5000 m³, temporary - for vertical steel tanks with a volume of 10000-20000 m³. Then the wall is unfolded around the perimeter and welded with vertical and double-sided T-seams. In parallel, the installation of fixed roof panels is being carried out. The floating roof and pontoon are mounted immediately after the bottom is installed. If necessary, stiffening rings are installed along the perimeter of the upper edge of the tank.

Installation of VST tanks by sheet-by-sheet assembly consists in the stage-by-stage assembly of individual wall elements. The assembly of the belts starts from the lower belt. A preliminary enlargement of the elements is possible already at the construction site: for example, several sheets are welded together and attached to an already mounted wall.

One of the options for the sheet-by-sheet method is the bolted connection of the wall elements. This method is very beneficial for installation in hard-to-reach or difficult-to-pass areas where it is difficult or almost impossible to organize the passage of large construction equipment. By choosing this method, the tank wall is delivered to the construction site disassembled. The foundation for this tank is prepared in the same way as for installation by rolling.

Before putting the tanks into operation, hydraulic tests are carried out for tightness and strength, the tanks are filled with water to the design level. The roof is checked by pouring water up to the roof level, thereby increasing the internal pressure on the roof.

1.4 VST Operation

The personnel responsible for the technical operation of tanks and tank farms must monitor the reliability and work in accordance with safety regulations, maintain the quality and quantity of oil products. When performing all tasks, compliance with the operating rules is achieved, monitoring the maintenance and condition of the tanks, as well as timely preparation for the winter season and floods.

When filling the tank with oil, after installation, the product velocity in the inlet and outlet should be below 1 m / s, until the jet is completely flooded, and in the VSTP and VSTFR it should be before their ascent, and not depend on the diameter of the nozzle and the tank capacity. When taking samples from the reservoir, it is necessary to prevent the spill of oil product. If, nevertheless, there was a spill of oil products on the roof of the tank, wipe it dry with a rag, dispose of the rag. It is forbidden to leave foreign objects on the roof, such as: tow, rags and other objects.

Tank cleaning takes place:

- a) Twice a year for aviation oil products and their components;
- b) Once a year - for oils and additives;
- c) Once every two years for gasoline, diesel fuel and other petroleum products of similar properties.

In addition to the above cases, the reservoirs are also cleaned as needed: high-viscosity sediments, rust and water, changing the type of stored oil product, clearing pyrophoric deposits;

Each tank put into operation must have all the necessary set of equipment, which was provided for by the project. During pumping, simultaneous processes with valves to turn on a new tank and turn off an existing one are not allowed. Filling of tanks with oil and oil products should take place with a freely lowered cracker. Upon completion of pumping, personnel must close the cracker.

Substrate settlement should be monitored systematically. New tanks in the first four years of operation should be checked at least once a year by leveling the base and at least twice a year for tanks located in areas with difficult ground conditions. Tanks that have been in service for four or more than four years (after the tank has settled) are leveled every five years. After leveling, make a statement indicating the precipitation during the operation period (GOST 18322-78).

When inspecting the tank, special attention should be paid to the condition of the welds on the edges of the bottom and lower chords of the body, as well as the tightness of the detachable joints.

If cracks appear in the base metal of the bottom or seams, the tank must be

immediately emptied of oil products and cleaned for repair. The existing tank is emptied in whole or in part, it all depends on the method of its repair.