

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа: Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)

Направление подготовки (специальность): 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

ООП/ОПОП: «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**

Тема работы
<b>«Повышение эффективности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений»</b>

УДК 622.692.23.-049.7

**Студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б92	Матвейюк Андрей Дмитриевич		

**Руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Федин Д.В.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чухарева Н.В.	к.х.н. доцент		

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

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

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

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

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа: Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)

Направление подготовки (специальность): 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

ООП/ОПОП: «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП ОНД ИШПР

\_\_\_\_\_  
(Подпись) (Дата) Чухарева Н.В.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Б92	Матвеев Андрей Дмитриевич

Тема работы:

«Повышение эффективности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№40-7/с от 09.02.2023

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2023
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования: вертикальный стальной резервуар объемом 2000 куб. м
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <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>	Провести анализ оснований и фундаментов с целью выявления главных факторов, способствующих повышению надежности резервуаров во время их эксплуатации путем внедрения новых конструктивных решений.

	Разработка разделов: финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность. Заключение и выводы по работе.
--	---

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

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

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Рыжакина Татьяна Гавриловна, к.э.н доцент
«Социальная ответственность»	Гуляев Милий Всеволодович, старший преподаватель

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

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	09.02.2023
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Федин Д.В.	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б92	Матвеев Андрей Дмитриевич		

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б92	Матвеев Андрей Дмитриевич

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

<b>И</b>	
<i>стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами
<i>нормы и стандарты расходования ресурсов</i>	ВСН 467-85 «Производственные нормы расхода материалов в строительстве» Единые нормы амортизационных отчислений по постановлению Правительства РФ от 01.01.2022 N 1 (ред. От 07.07.2016)
<i>используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Общая система налогообложения

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

<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценка затрат и финансового результата реализации проекта.
<i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; определение затрат
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка технологической и экономической эффективности

<b>Дата выдачи задания для раздела в соответствии с календарным учебным графиком</b>	
--	--

Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Б92	Матвеев Андрей Дмитриевич		

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Обучающемуся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б92	Матвеев Андрей Дмитриевич

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

<b>И</b>	
<b>Введение:</b>	<i>Объектом исследования:</i> «резервуар вертикальный стальной».
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.</li> </ul>	<i>Область применения:</i> прием, хранение, подготовка, учет и выдача жидких продуктов
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p> <p>ГОСТ 12.0.003-74* «Опасные и вредные факторы»;</p> <p>ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности».</p> <p>ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность».</p> <p>ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».</p> <p>ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность».</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность». ПБ 09-540-03 «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств»</p> <p>ГОСТ 9965-76 «Нефть для нефтеперерабатывающих предприятий»</p> <p>Перечень обязательных правил, норм.</p>
<b>2. Производственная безопасность:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ потенциальных вредных и опасных факторов</li> <li>– Обоснование мероприятий по снижению их воздействия</li> </ul>	<b>Вредные факторы:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Производственные факторы, связанные с микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</li> <li>– Повышенный уровень шума;</li> <li>– Повышенный уровень вибрации;</li> <li>– Повышенная загазованность рабочей зоны.</li> <li>– <b>Опасные факторы:</b></li> <li>– Подвижные части производственного оборудования;</li> <li>– Производственные факторы, связанные с электрическим током;</li> <li>– Повышенное образование электростатических зарядов;</li> <li>– Пожарная безопасность на рабочем месте;</li> </ul>
<b>Экологическая безопасность при эксплуатации:</b>	<p><b>Воздействие на литосферу:</b> загрязнение почвы нефтепродуктами (в случае аварии)</p> <p><b>Воздействие на гидросферу:</b> загрязнение водных ресурсов нефтепродуктами (в случае аварии)</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b> загрязнение атмосферного воздуха (в случае аварии).</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p><b>Возможные ЧС:</b> Чрезвычайные ситуации при реконструкции могут возникнуть в результате внезапного выхода паров углеводородов, разгерметизации оборудования приводящих к возникновению пожара.</p>

<b>Дата выдачи задания для раздела в соответствии с календарным учебным графиком</b>	
--	--

**Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель (ООД, ШБИП)	Гуляев М.В.			

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б92	Матвеюк Андрей Дмитриевич		

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа: Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)

Направление подготовки (специальность): 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

ООП/ОПОП: «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2022/2023 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы: 16.06.2023г

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
14.03.2016	<i>Общая характеристика объекта</i>	10
28.03.2016	<i>Понятие о надежности</i>	10
15.04.2016	<i>Конструктивны решения</i>	25
29.04.2016	<i>Расчетная часть</i>	20
05.05.2016	<i>Финансовый менеджмент</i>	10
12.05.2016	<i>Социальная ответственность</i>	10
19.05.2016	<i>Заключение</i>	5
25.05.2016	<i>Презентация</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Федин Д.В.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>ОНД ИШПР</b>	Чухарева Н.В.	к.х.н,		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 106 с., 8 рис., 15 табл., 13 источников.

Ключевые слова: РВС, резервуарный парк, эксплуатация, надежность, конструктивные решения, нефть.

Объектом исследования является резервуар вертикальный стальной типа РВС 2 000 м<sup>3</sup>.

Цель работы – разработка конструктивного решения для повышения эффективности, надежности и безопасности эксплуатации резервуаров вертикальных стальных типа РВС 2 000 м<sup>3</sup>. Произведен расчет основных параметров резервуара, толщины стенки и расчет на устойчивость

В процессе исследования проводились расчет основных параметров резервуара, толщины стенки и расчет на устойчивость

Рассмотрены общие сведения о резервуарах: классификация, назначение, оборудование, конструкции. Приведены основные характеристики объекта. Приведены мероприятия по охране труда, охране окружающей среды, составлена технико-экономическая часть.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						10

## Определения

*Резервуар* - это специальная конструкция, предназначенная для хранения и защиты нефти или нефтепродуктов. Он обеспечивает безопасное и эффективное хранение жидких углеводородных материалов, обладает определенными характеристиками.

*Надежность* - это свойство системы или конструкции сохранять свою работоспособность и выполнять заданные функции в течение определенного времени при заданных условиях эксплуатации.

*Фундамент* - это часть сооружения, передающая нагрузку от веса сооружения на грунты основания и распределяющая эту нагрузку на такую площадь основания, при которой давления по подошве не превышают расчетные.

*Ремонтопригодность* - элементов резервуаров определяет их способность предотвращать или обнаруживать неисправности, а также возможность их ремонта и обслуживания до возникновения отказа. Затраты на ремонт, включая труд, время и средства, оценивают ремонтпригодность.

*Безотказность* - работы резервуара связана с его способностью сохранять работоспособность без принудительных перерывов. Коэффициент надежности является показателем безотказности и представляет вероятность безотказной работы резервуара в заданном интервале времени.

*Долговечность* - металлоконструкции и ее элементов определяет их способность сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. Основной показатель долговечности - это ресурс или срок службы.

## Сокращения

*РВС* – резервуар вертикальный стальной

*РП* – резервуарном парк

*ОПО* – опасно производственный объект

*ТО* – техническое обслуживание

*ТР* – текущий ремонт

*КР* – капитальный ремонт

*РД* – руководящий документ

*НТД* – нормативно–техническая документация

*СНиП* – строительные нормы и правила

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

## Нормативные ссылки

52910-2008 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов.

ГОСТ 31385-2008 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти нефтепродуктов.

ГОСТ 1510-84 Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.

НПЗ-ИЭ-10.020 Инструкция по эксплуатации резервуаров вертикальных стальных.

СТО-СА-03-002-2009 Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов.

ГОСТ 27751-88 п. 5.1 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету

РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04 Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти

СНиП 2 .01.07-85\* Нагрузки и воздействия

СНиП II-23-81 Нормы проектирования

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						13

## Оглавление

Определения, сокращения, нормативные ссылки

1. Обзор литературы.....	18
2. Классификация и назначения использования резервуаров.....	19
2.1.2 Технические характеристики.....	21
2.1.3 Конструктивные особенности РВС.....	22
3. Общие понятия о хранении и надежности.....	23
3.1 Принципы хранения.....	24
3.2 Надежность резервуаров в настоящее время.....	25
3.3 Распространенные дефекты в вертикальных стальных резервуарах и их влияние на надёжность.....	27
4. Основание и фундаменты под РВС.....	30
4.1 Разновидности оснований и их функции.....	31
4.1.1 Естественные основания.....	31
4.1.2 Естественное основание с подсыпкой.....	32
4.1.3 Использование искусственных оснований.....	33
4.2 Фундаменты для резервуаров вертикальных стальных.....	34
4.2.1 Фундаменты и их виды.....	34
4.3 Конструктивные решения в основании фундаментов для повышения безопасности эксплуатации.....	35
4.3.1 Вертикальный стальной резервуар с защитной стенкой.....	39
4.3.2 Резервуар с мультицилиндрической стенкой.....	41
4.3.3 Основание с конусообразными в сечении опорами из сыпучих тел.....	41
5. Расчет.....	47
5.1 Расчет основных параметров.....	47
5.2 Расчет толщины стенки.....	49
5.3 Расчет резервуара на устойчивость.....	53

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	64
6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	64
6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	64
6.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	64
6.1.3 SWOT-анализ.....	67
6.2 Планирование исследовательской работы в рамках ВКР.....	69
6.2.1 Структура работ в рамках проводимого исследования.....	69
6.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	71
6.4 Бюджет проводимого исследования.....	74
6.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проведения работ.....	80
7. Социальная ответственность.....	85
7.1.1 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	85
7.1.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	91
7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	100
7.4 Правовые организационные вопросы обеспечения безопасности.....	102

## Введение

Вертикальный стальной резервуар это объект из стали, предназначенный для хранения жидкостей. Он имеет вертикальную ориентацию, следовательно высота резервуара превышает его диаметр.

РВС используются для хранения различных жидкостей, включая воду, нефть, химические растворы и другие вещества. Они широко используются в отраслях промышленности, включая нефтегазовую, химическую и для хранения воды в коммерческих и жилых зданиях.

Эти резервуары часто выбирают из-за их прочности, долговечности, коррозионной стойкости и способности удовлетворять различные потребности в хранении различных жидкостей.

Надежность работы резервуаров является неотъемлемым условием для обеспечения нормальной и безаварийной эксплуатации, а также для поддержания высокого уровня промышленной и экологической безопасности.

При эксплуатации вертикальных стальных резервуаров для хранения нефти происходит снижение их несущей способности. Эта несущая способность резервуара определяет его способность выдерживать вес содержимого и внешние нагрузки без деформации и повреждений.

Для снижения риска снижения несущей способности резервуаров и предотвращения аварий рекомендуется проводить регулярные осмотры и техническое обслуживание резервуаров, следить за состоянием коррозии, обеспечивать надлежащую защиту от коррозии, использовать соответствующие материалы и технологии при строительстве резервуаров, и следить за соблюдением всех безопасных процедур и стандартов.

квалификация обслуживающего и ремонтного персонала.

Обеспечение надежности резервуарных конструкций требует внимания к дефектам на всех этапах, от изготовления до эксплуатации. Оценка срока

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						16

службы резервуаров с дефектами основывается на малоцикловом разрушении и предположении о развитии трещин в металлических стенках со временем. Однако такой подход игнорирует другие факторы, такие как суточные изменения температуры стенок.

Исследования показывают, что обеспечение надежности резервуаров остается нерешенной проблемой. Необходимо учитывать все этапы жизненного цикла резервуара, включая проектирование, изготовление, монтаж, испытания, эксплуатацию и диагностику.

Например, исследования показывают, что внедрение технологий мониторинга и диагностики резервуаров позволяет обнаружить скрытые дефекты и своевременно принять меры по их устранению. Также, проведение анализов суточных изменений температуры стенок и прочностных характеристик материалов помогает более точно определить остаточный ресурс резервуара.

Таким образом, для повышения надежности резервуаров необходимо учитывать не только малоцикловое разрушение, но и другие факторы, проводить систематический мониторинг и диагностику, а также использовать результаты исследований для оптимизации процессов проектирования, изготовления и эксплуатации резервуарных конструкций.

**Цель работы** – Поиск методов повышения эффективности эксплуатации резервуаров

**Основные Задачи:**

- Изучение нормативных требований по сооружению и технической эксплуатации РВС
- Анализ технических решений по повышению эффективности эксплуатации резервуаров
- Разработка технического решения для повышения надежности резервуара
- Расчет параметров резервуара

## 1. Обзор литературы

При написании выпускной квалификационной работы я использовал нормативные документы, такие как отраслевые регламенты, ГОСТы и СНиПы. Эти документы содержат инструкции и требования для строительства, монтажа и эксплуатации вертикальных стальных резервуаров, включая конструктивные особенности.

Я подробно изучил отраслевые регламенты, которые описывают правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов. Это позволило мне получить глубокое понимание этих аспектов и использовать их в моей работе.

Также я провел анализ различных нормативных документов, связанных с охраной окружающей среды и безопасностью при строительстве и монтаже резервуаров. Я учел эти меры безопасности и требования в процессе исследования.

В результате работы я представляю примеры исследований и анализов, основанные на указанных нормативных документах. Это помогает обеспечить надежность работы резервуаров, а также поддерживать высокий уровень промышленной и экологической безопасности.

							Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			18

## 2. Классификация и назначение использования резервуаров.

Вертикальный стальной резервуар представляет собой резервуар из стали, предназначенный для хранения жидкостей. Он имеет вертикальную ориентацию, следовательно высота резервуара превышает его диаметр.

Резервуары с жидкостью, такие как РВС, находят широкое применение в различных отраслях промышленности, включая нефтегазовую, химическую и водоснабжение коммерческих и жилых зданий. Они предлагают прочность, долговечность и коррозионную стойкость, удовлетворяя потребности хранения разнообразных жидкостей.

Например, исследования показывают, что РВС обеспечивают надежное хранение нефти и химических растворов. Анализы подтверждают их способность справиться с различными факторами, такими как агрессивная среда и воздействие коррозии, сохраняя качество и целостность хранимых жидкостей.

Таким образом, выбор РВС обусловлен их прочностью, долговечностью, коррозионной стойкостью и способностью удовлетворить различные требования хранения разнообразных жидкостей в различных отраслях промышленности.

При эксплуатации вертикальных стальных резервуаров для хранения нефти происходит снижение их несущей способности. Эта несущая способность резервуара определяет его способность выдерживать вес содержимого и внешние нагрузки без деформации и повреждений.

Резервуары в производственных процессах разнообразны и подразделяются в зависимости от их функционала и назначения. Их характеристики могут варьироваться по виду расположения, объему, материалу изготовления, месторасположению, назначению, методам изготовления и классу опасности.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						19

Например, вертикальные стальные резервуары (РВС) являются одним из наиболее распространенных типов резервуаров как на местах, так и за рубежом. Они представляют собой наземные объемные строительные сооружения, предназначенные для приема, хранения, подготовки, учета и выдачи различных жидкостей, таких как нефтепродукты, химикаты, нефть, вода и другие.

В исследовании я провел анализ и изучение различных аспектов резервуаров, включая их классификацию и назначение. Я рассмотрел нормативные документы, отраслевые регламенты и ГОСТы, чтобы получить подробное представление о правилах проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации резервуаров. Это позволило провести анализ исследований, основанных на конкретных примерах, и представить важные выводы.



Рис. 1 - РВС

Резервуары подразделяются на различные группы в зависимости от их назначения. В первую группу входят резервуары для хранения жидкостей

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

Конструкция резервуаров включает в себя пояса, количество которых зависит от объема и высоты резервуара. Существуют несколько методов изготовления этих поясов.

Первый метод - ступенчатая сварка, где пояса соединяются поэтапно, образуя ступени.

Второй метод - встыкная сварка, где пояса привариваются друг к другу плотно, без зазоров.

Третий метод - телескопическое соединение, где пояса изготавливаются с возможностью регулировки их длины.

Каждый из этих методов предоставляет разные варианты для создания прочной и надежной конструкции резервуара, а выбор определенного метода зависит от конкретных требований и условий проекта.

### **2.1.2 Технические характеристики**

Резервуары представляют особую опасность, влияющую на здоровье и жизнь людей, а также на имущество и окружающую среду. Они имеют определенный срок службы, который гарантирует безопасность эксплуатации, если соблюдаются необходимые процедуры обслуживания и ремонта.

Расчетный срок службы указывает период до следующего диагностирования или ремонта, при условии, что резервуар не достигнет предельного состояния. Согласно ГОСТ 27751-88, резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов относятся к повышенному уровню ответственности (I классу).

Они могут быть различных типов и вместимости, включая вертикальные цилиндрические резервуары с различными типами крыш и резервуары с плавающими крышами или понтонами.

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

### 2.1.3 Конструктивные особенности РВС

Резервуары включают основные несущие и ограждающие конструкции. Несущие конструкции включают стенку, окрайки днища, бескаркасную и каркасную крыши, анкерное крепление стенки и кольца жесткости. Ограждающие конструкции включают центральную часть днища, настил стационарной и плавающей крыш, а также понтон.

Стенки вертикальных стальных резервуаров состоят из металлических листов размером 1,5×3 м или 1,5×6 м. Толщина нижнего пояса резервуара колеблется от 6 мм до 25 мм в зависимости от его вместимости. Края днища представляют собой утолщение в зоне опирания стенки.

Резервуары могут иметь различные типы крыш, например плоскую, каркасную коническую, купольную, самонесущую сферическую, с понтоном или без понтона. Плавающие крыши бывают однодечными или двудечными, и их выбор зависит от объема резервуара, соотношения диаметра и высоты, а также снеговой нагрузки. Плавающие крыши должны быть оснащены системой стока ливневых вод.

Ливнеприемное устройство однодечной плавающей крыши должно иметь клапан, предотвращающий попадание хранимого продукта на крышу при нарушении герметичности трубопроводов водоспуска.

Резервуары могут иметь различные типы стационарных крыш, включая самонесущую коническую, самонесущую сферическую, каркасную коническую и купольную крыши. Прикрепление крыш происходит только по периметру к стенке резервуара или к кольцу жесткости. Толщина настила и других компонентов крыши должна быть не менее 4 мм, за исключением припуска на коррозию.

Резервуары используют различные типы колец для обеспечения жесткости и устойчивости. Верхнее ветровое кольцо, верхнее опорное кольцо и промежуточные кольца служат для защиты от ветровых и сейсмических нагрузок, а также для формирования структуры рулонированных резервуаров.

Кольца жесткости имеют непрерывное сечение и полностью соединяются. Они не могут быть установлены на отдельных участках или монтажных стыках резервуаров. Монтажные стыки колец жесткости должны быть расположены на определенном расстоянии от вертикальных и горизонтальных швов стенки.

Если ширина колец жесткости превышает толщину горизонтального элемента, они должны иметь опоры в виде ребер или подкосов. Расстояние между опорами должно быть не более 20 раз высоты вертикальной полки кольца. Если на резервуаре установлена система пожарного орошения, кольца жесткости должны быть спроектированы таким образом, чтобы не препятствовать орошению ниже уровня кольца. Кольца жесткости, предназначенные для сбора воды, должны иметь сточные отверстия.

### **3. Общие понятия о хранении и надежности**

Безопасное хранение сырья требует соблюдения следующих правил:

- обеспечение пожарной безопасности,
- использование защитных механизмов
- предотвращение загрязнения сырья.

Нарушение этих правил может иметь серьезные последствия, включая чрезвычайные ситуации и загрязнение окружающей среды.

Отрасль хранения нефти и газа развивается, и появляются новые типы резервуаров, которые постоянно совершенствуются инженерами для

снижения риска разлива. Требования к материалам и конструкциям для хранения становятся все более строгими.

Существует несколько типов резервуаров: наземные, подземные, полуподземные и подводные. В настоящее время предпочтение отдается наземным резервуарам, но подземные резервуары считаются более надежными в плане защиты. Подземное размещение позволяет избежать неблагоприятных атмосферных условий, сохраняя качество сырья, предотвращая перегрев и замерзание топлива. Перед использованием подземных резервуаров применяется дополнительная изоляция. Такой подход позволяет экономить человеческие и финансовые ресурсы, поскольку не требуется строительство большого наземного комплекса.

### 3.1 Принципы хранения

Согласно исследованиям, хранение нефти в нефтехранилищах более 3 лет приводит к изменению ее свойств. Это связано с невозможностью создания полностью герметичных резервуаров, полностью изолированных от внешней среды.

Процессы, которые происходят во время хранения нефтепродуктов, включают удаление солей, подогрев, сушку и смешивание. Хранилища обычно размещаются рядом с магистральными трубопроводами или вблизи населенных пунктов.

Перед приемом сырья в хранилище проводят проверку оборудования на чистоту и исправность. Регулярные проверки топлива необходимы для предотвращения его порчи, и образцы хранятся после проверки для обеспечения качества.

Одним из важных аспектов является хранение одного типа нефти в одном резервуаре. Водорастворимые технические средства, такие как кальцинированная сода, используются для очистки резервуаров и

предотвращения возгорания. Для обеспечения чистоты поверхностей повышается потребление тепла и выбросы в атмосферу. Была разработана технология очистки, которая позволяет отделять углеводороды и моющие средства путем эмульгации и деэмульгации.

### **3.2. Надежность резервуаров в настоящее время**

В нефтегазовой промышленности актуальной проблемой является повышение надежности вертикальных стальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов.

Надежность резервуаров зависит от их способности выполнять функции приема, хранения и отбора нефти или нефтепродуктов при определенных параметрах. Важная задача состоит в обеспечении надежности конструкций резервуаров, исследования и анализы направлены на выявление факторов, влияющих на их надежность.

Примеры исследований включают оценку вероятности выполнения функций резервуара, способность резервуара принимать определенное количество нефти в заданные временные рамки и поддерживать требуемые эксплуатационные характеристики в течение межремонтного периода, помогают выявить проблемные области и разработать меры по повышению надежности резервуарных конструкций.

Эксплуатационная надежность резервуаров определяется по нескольким критериям. Важными из них являются работоспособность, отказоустойчивость, ремонтпригодность, безотказность и долговечность.

**Работоспособность** резервуара означает его способность выполнять заданные функции без отклонений рабочих параметров, согласно требованиям технической документации. Например, методы строительства и

										Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

эксплуатации, уровень воздействия внешних факторов и допустимые отклонения параметров определяются в документации.

Отказ резервуара - это нарушение его работоспособности. Он может быть параметрическим, когда характеристики резервуара выходят за пределы, установленные техническими показателями.

**Ремонтопригодность** элементов резервуаров определяет их способность предотвращать или обнаруживать неисправности, а также возможность их ремонта и обслуживания до возникновения отказа. Затраты на ремонт, включая труд, время и средства, оценивают ремонтпригодность.

**Безотказность** работы резервуара связана с его способностью сохранять работоспособность без принудительных перерывов. Коэффициент надежности является показателем безотказности и представляет вероятность безотказной работы резервуара в заданном интервале времени.

**Долговечность** металлоконструкции и ее элементов определяет их способность сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. Основным показателем долговечности - это ресурс или срок службы.

Для повышения надежности резервуаров в процессе эксплуатации важно проводить качественную и своевременную оценку их технического состояния и устранение обнаруженных дефектов. Например, проведение комплексной проверки резервуара, включающей анализ качества металла, дефектоскопию сварных соединений и контроль толщины стенок, помогает оценить его состояние.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						26

### 3.3 Распространенные дефекты в вертикальных стальных резервуарах и их влияние на надежность.

Возникновение дефектов в резервуарах связано с их длительной эксплуатацией, приводящей к оседанию и коррозионному износу. Эти дефекты нарушают требования нормативных документов, особенно относительно сварных швов, приварных элементов, геометрической формы металлоконструкций и самой металлической конструкции.

Дефекты могут возникать по разным причинам, включая технологические и эксплуатационные факторы. Технологические факторы связаны с неправильным выполнением сварочных работ или использованием некачественных материалов. Эксплуатационные факторы возникают в результате неправильного обслуживания и недостаточного контроля.

Дефекты, возникающие в процессе эксплуатации резервуаров, оказывают негативное влияние на их надежность. Поэтому проведение регулярных исследований и анализов является важным. Они включают проверку качества металла, дефектоскопию сварных соединений и контроль толщины стенок, чтобы обнаружить и исправить дефекты вовремя и повысить надежность резервуаров в процессе эксплуатации.

В металлоконструкциях можно выделить несколько групп **технологических** дефектов.

*Первая* группа - проектные дефекты, которые возникают из-за неточностей в проекте. Они могут быть вызваны ошибками в расчетах или неправильными размерами конструкции.

*Вторая* группа - заводские дефекты, которые возникают при изготовлении заготовок или в процессе сварки и сборки. Это может включать нарушение геометрии сварного шва, смещение стыкуемых кромок, наличие свищей, непроваров, газовых пор, подрезов, кратеров, грубой чешуйчатости, микротрещин и шлаковых включений.

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

*Третья* группа - транспортные дефекты, которые возникают во время перевозки заготовок до места строительства металлоконструкции. Это могут быть смятия части рулона, регулярные погиби в продольном направлении, гофры на поверхности рулона, локальные вмятины на рулоне или на его крае.

*Четвертая* группа - металлические дефекты, связанные с изготовлением проката. Это может включать микротрещины, закаты, задиры, неравномерности легирования, нарушение геометрии проката и расслоения.

*Пятая* группа - монтажные дефекты, которые возникают при монтаже металлоконструкции. Это могут быть местные пластические деформации стенки, угловатость монтажных швов, жесткое закрепление гидравлических узлов связи с резервуарами для жидкости, подтягивание части окрайки к стенке резервуара перед сваркой, смещение стыкуемых полотнищ, наличие необруанных остатков монтажных приспособлений, сквозные пробои металлоконструкций монтажной техникой, некачественная подготовка основания.

**Эксплуатационные** дефекты в металлоконструкциях, возникающие во время работы, имеют значительное влияние на их состояние. Основные типы таких дефектов - коррозионные повреждения и нарушение геометрических форм резервуара.

Факторы, которые могут негативно влиять на металлоконструкции, включают температурные воздействия, коррозию, осадку основания и вибрацию. Например, высокие температуры могут привести к деформации, а коррозия может вызвать образование ржавчины и уменьшение прочности конструкции.

Исследования и анализы указывают на то, что неравномерная осадка основания, а также воздействие вибрации, вызванной движением жидкости или механическими факторами, могут привести к появлению дефектов и ухудшению работоспособности металлоконструкции.

										Лист
										28
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

Понимание этих факторов является ключевым при разработке, изготовлении и эксплуатации металлоконструкций, чтобы минимизировать риски дефектов и обеспечить их надежность и долговечность.

В эксплуатации металлоконструкций важен **контроль осадки**, чтобы предотвратить повреждения. Осадку измеряют нивелированием окрестностей по внешнему диаметру резервуара.

Для каждого стального вертикального резервуара установлен систематический контроль осадки основания. Вновь построенные металлоконструкции требуют годичного нивелирования окрестностей днища в первые четыре года эксплуатации. После стабилизации основания контрольное нивелирование проводится не реже, чем раз в 5 лет.

Важно также контролировать осадку фундамента запорной арматуры и лестницы. Это обеспечит надлежащее функционирование конструкции. Примеры исследований и анализов показывают, что регулярный контроль осадки важен для долговечности металлоконструкций и предотвращения серьезных повреждений.

**Устойчивость** металлоконструкции – важный аспект ее сохранения. Внешние и внутренние силы, такие как вес снега, вес крыши, ветер и аварийный вакуум, воздействуют на стенки конструкции.

Если сжимающие напряжения превышают предельные значения, возможно резкое изменение формы, сопровождающееся появлением выпуклостей и вмятин на стенках. Число волн на вертикальных стальных резервуарах обычно составляет от 12 до 40 и зависит от параметров конструкции, таких как толщина стенки, диаметр и высота.

Потеря устойчивости может быть общей или местной, поэтому необходимо проводить проверку устойчивости металлоконструкции при совместном воздействии сжатия от внешнего давления и осевого сжатия.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						29

#### 4. Основания и фундаменты под РВС

При проектировании и строительстве резервуара, одним из ключевых этапов является разработка основания и фундамента. Это имеет прямое влияние на работоспособность, долговечность и множество других аспектов резервуара. В процессе эксплуатации, под действием веса резервуара, особенно при его наполнении, основание может подвергаться деформациям, таким как оседание или уплотнение, что может привести к нежелательным последствиям, нарушению геометрии и разрушению основания. В результате возникает необходимость в строительстве фундамента.

При проектировании основания и фундамента для резервуара необходимо учитывать соответствующие стандарты, включая ГОСТ Р 52910-2008, СНиП 2.02.01-83\*, СНиП 2.02.03-85, СНиП 2.02.04-88, СНиП II-7-87 и другие требования. Эти нормативы определяют процедуры и обеспечивают безопасность и надежность основания и фундамента. Например, ГОСТ Р 52910-2008 устанавливает общие положения и требования, а СНиП 2.02.01-83\* определяет нормы для расчета и проектирования фундаментов зданий и сооружений. Соблюдение этих стандартов позволяет обеспечить надежность и долговечность основания и фундамента резервуара, учитывая особенности грунтов и условия эксплуатации. Основание представляет собой слой грунта, который обладает достаточной несущей способностью для выдерживания нагрузок от резервуара в условиях естественного залегания грунта.

Основания под фундаменты для вертикальных стальных резервуаров могут быть *естественными* или *искусственными*.

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					

## **4.1. Разновидности оснований и их функции.**

### **4.1.1 Естественные основания**

Естественные основания для резервуаров не требуют дополнительных инженерных работ по укреплению грунта. Они должны обладать достаточной прочностью и плотностью для выдерживания нагрузок без превышения предельных деформаций. Подходящими грунтами для естественных оснований являются скальные и нескальные грунты.

Важные свойства естественных оснований включают:

- Низкую и равномерную сжимаемость, обеспечивающую малые и равномерные осадки грунта.
- Нерастворимость грунтовыми, дождевыми и талыми водами.

При эксплуатации фундамента резервуара возникают осадки от уплотнения грунтов. Превышение напряжения на подошве фундамента может привести к неравномерному уплотнению, что негативно сказывается на устойчивости и прочности. Для оценки влияния осадки проводятся расчеты основания и фундамента, включающие анализ давления и величины осадок для разных типов грунтов. При обнаружении недопустимых осадок, особенно для грунтов с низкой несущей способностью (таких как водонасыщенные грунты, торф и пучинистые грунты), применяются соответствующие меры, например, увеличение подошвы фундамента или использование искусственного основания.

										Лист
										31
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

#### 4.1.2 Естественное основание с подсыпкой

Естественное основание с подсыпкой является инженерным решением для повышения надежности и экономической эффективности конструкции. Оно включает сочетание естественного основания с песчаной или грунтовой подушкой, добавляемой сверху.

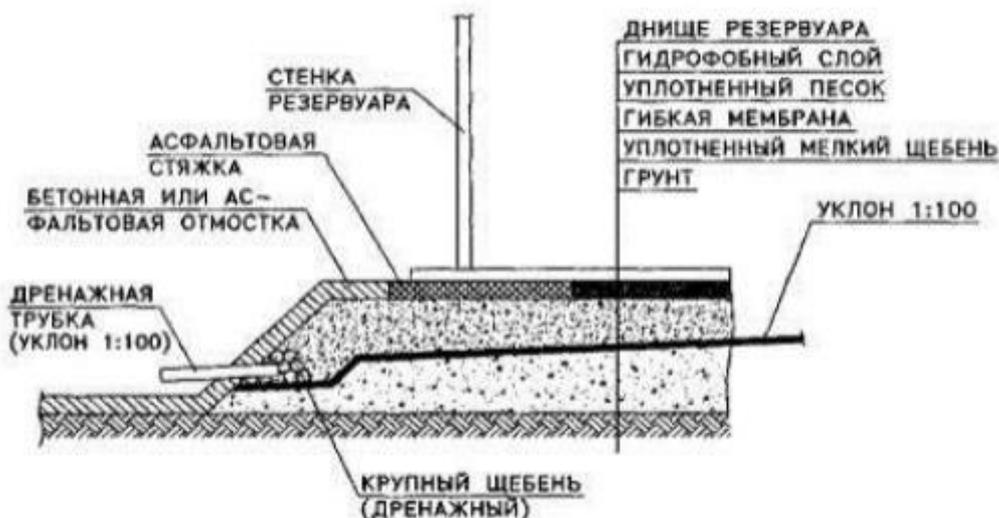


Рис. 2 – использование подсыпки для естественного основания

Основная цель подсыпки на основание включает равномерное распределение давления от металлоконструкции резервуара, обеспечение дренажа днища и антикоррозионной защиты. Для этого используются различные материалы, такие как песок, щебень и гравий. Грунтовая подушка формируется слоями, утрамбовываемыми катками.

Для дренажа и контроля протечек устанавливаются радиальные дренажные трубки вокруг фундамента. Верхнюю часть днища защищают гидрофобным слоем из битумно-песчаной смеси.

Подсыпка может иметь уклон от центра к краям, что способствует притоку нефти к откачивающим устройствам. Осадка днища может достигать до 2 м, а подъем центральной части днища важен для эксплуатации резервуара.

Если грунт залегает на небольшую глубину или имеет слабую несущую способность, он заменяется песчаным или глинистым грунтом. Однако, замена может быть неэффективной при глубоком залегании грунта из-за дополнительных затрат на выравнивание резервуаров.

#### **4.1.3 Использование искусственных оснований**

Когда естественные грунты не обеспечивают достаточную безопасность и надежность, для создания устойчивого основания под вертикальный стальной резервуар часто используется искусственное основание. Это особая конструкция или платформа, которая обеспечивает надежную опору и защиту. Главное требование к искусственному основанию - это его прочность, устойчивость и способность равномерно распределять нагрузку от резервуара на грунт.

Искусственное основание может быть выполнено из разных материалов и конструкций, таких как железобетон, стальные балки, плиты или композитные материалы. Для уплотнения грунта применяются различные методы, включая использование катков, трамбовок и вибраторов. Катки широко используются для уплотнения связных грунтов и тонких слоев несвязных грунтов. Уплотнение трамбовками производится путем сбрасывания железобетонных или металлических плит с высоты, что позволяет уплотнять грунт на большую глубину. Вибрирование применяется для уплотнения несвязных грунтов с использованием специальных глубинных вибраторов и является наиболее эффективным методом для песчаных грунтов.

Необходимо учитывать характеристики грунта при выборе метода уплотнения. Каждый метод имеет свои преимущества и ограничения. Например, вибрирование наиболее эффективно для песчаных грунтов с низким содержанием пылеватых и глинистых частиц.

									Лист
									33
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					

Таким образом, искусственное основание и методы уплотнения грунта играют важную роль в создании надежного и безопасного основания для резервуаров. Различные исследования и анализы помогают определить оптимальные материалы и методы для каждого конкретного случая.

#### **4.2 Фундаменты для (РВС) Резервуаров вертикальных стальных.**

Фундамент для вертикального стального резервуара – это фундамент, обеспечивающий надежную и безопасную работу резервуара. Фундамент должен быть достаточно прочным, чтобы выдержать вес резервуара и его содержимого и удерживать его в вертикальном положении.

Конкретный выбор фундамента для РВС зависит от многих факторов, таких как геологические условия, тип грунта, вместимость и геометрия резервуара, климатические условия и требования безопасности.

Проектирование и установка фундамента требуют инженерно-геологических исследований, а также соблюдения соответствующих стандартов и нормативных требований.

##### **4.2.1 Фундаменты и их виды:**

Сплошной фундамент для РВС:

Сплошной фундамент представляет собой плоскую железобетонную плиту, полностью закрывающую дно резервуара. Он служит для равномерного распределения нагрузки от бака на грунт и обеспечивает его устойчивость и надежность. Сплошной фундамент особенно эффективен при работе с грунтом с низкой несущей способностью.

Ленточный фундамент для РВС:

Ленточный фундамент представляет собой узкую железобетонную ленту, расположенную по периметру резервуара. Этот тип фундамента используется,

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

когда конструкция требует большей гибкости и усиления по периметру. Ленточный фундамент обычно сочетают с опорными столбами или свайными конструкциями для поддержки резервуара.

#### Столбчатый фундамент для РВС:

Столбчатый фундамент состоит из вертикальных столбов, поддерживающих резервуар на определенной высоте от земли. Он обеспечивает пространство под резервуаром для осмотра, обслуживания и доступа к дну резервуара. Столбчатый фундамент может быть выполнен из железобетона или стали и обычно сочетается с другими типами фундаментов, такими как сплошные или ленточные, для обеспечения устойчивости и надежности конструкции.

В любом случае при проектировании основания под резервуар необходимо учитывать геологические условия местности, несущую способность грунта и вес резервуара с его содержимым. Фундамент должен быть достаточно прочным, чтобы обеспечить безопасную эксплуатацию резервуара в течение всего срока службы.

#### **4.3 Конструктивные решения в основании фундаментов для повышения безопасности эксплуатации:**

В российском топливно-энергетическом комплексе широко используются стальные вертикальные цилиндрические резервуары, составляющие значительную часть общего резервуарного парка объемом более 50 млн м<sup>3</sup>. Эти конструкции являются уникальными и не имеют аналогов в других областях строительства.

Резервуары подвергаются сложным напряжениям и деформациям даже при обычной эксплуатации. Они испытывают напряжения еще на стадии изготовления, а дальнейшее увеличение напряжений происходит под воздействием нагрузок и неравномерной осадки.

										Лист
										35
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

Для обеспечения устойчивости резервуары строятся на свайных фундаментах, учитывая климатические и геологические условия. Использование свайных оснований демонстрирует положительный опыт, обеспечивая требуемую осадку и повышенную надежность эксплуатации по сравнению с грунтовыми основаниями.

Однако строительство резервуаров на свайных основаниях сопряжено с дополнительными затратами, так как стоимость таких оснований выше, а требуется больше материалов. Это приводит к уменьшению числа свай, увеличению расстояния между ними и требованию более крупного ростверка и арматуры. Поэтому важно проводить исследования и анализы для определения оптимальных материалов и методов конкретного случая.

При строительстве резервуаров использование свайных фундаментов не всегда дает ожидаемые результаты. Надежды на незначительные осадки с такими фундаментами не всегда оправдываются, и возникают серьезные проблемы при их сооружении в районах с вечной мерзлотой.

Поэтому поиск новых конструктивных решений для оснований резервуаров, которые будут экономически выгодны и имеют большую несущую способность, остается актуальной задачей.

Стальные резервуары лучше всего строить на площадках с скальными, полускальными, крупнообломочными, глинистыми, суглинистыми малоувлажненными и средневлажными грунтами, обычно на песчаных подушках.

Однако развитие нефтедобычи в Западной Сибири, Крайнем Севере и Дальнем Востоке привело к сложностям из-за неблагоприятных условий для строительства, при этом потребность в резервуарах значительно выросла. Это привело к необходимости увеличения их вместимости до 50 тысяч метров кубических и более. В таких сложных климатических и геологических

										Лист
										36
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

условиях требуются новые конструктивные решения, чтобы использовать участки, которые ранее считались непригодными для строительства.

Большие резервуары требуют меньшей площади для строительства, что позволяет сократить затраты на коммуникации и проезды. Они также имеют меньшую поверхность контакта с нефтепродуктом, что снижает потери. Однако увеличение размеров резервуаров создает высокие требования к основаниям, и опыт строительства не может быть просто скопирован без корректировок.

Сваи, используемые для оснований резервуаров, могут быть классифицированы по форме ствола и способу образования лидерной скважины.

В области построения резервуаров отсутствует официально принятая классификация оснований и фундаментов. Однако, для учета конструктивных особенностей и инженерно-геологических условий, была разработана классификация оснований и фундаментов стальных вертикальных резервуаров.

Эта классификация подразделяет основания и фундаменты резервуаров на две категории. Первая категория включает фундаменты на естественном основании, которые строятся на природном грунте. Вторая категория представляет собой свайные фундаменты, использующие сваи для распределения нагрузки и укрепления основания.

Такая классификация позволяет учитывать вместимость резервуара и адаптировать конструкцию основания и фундамента в соответствии с требованиями каждой конкретной строительной площадки.

										Лист
										37
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

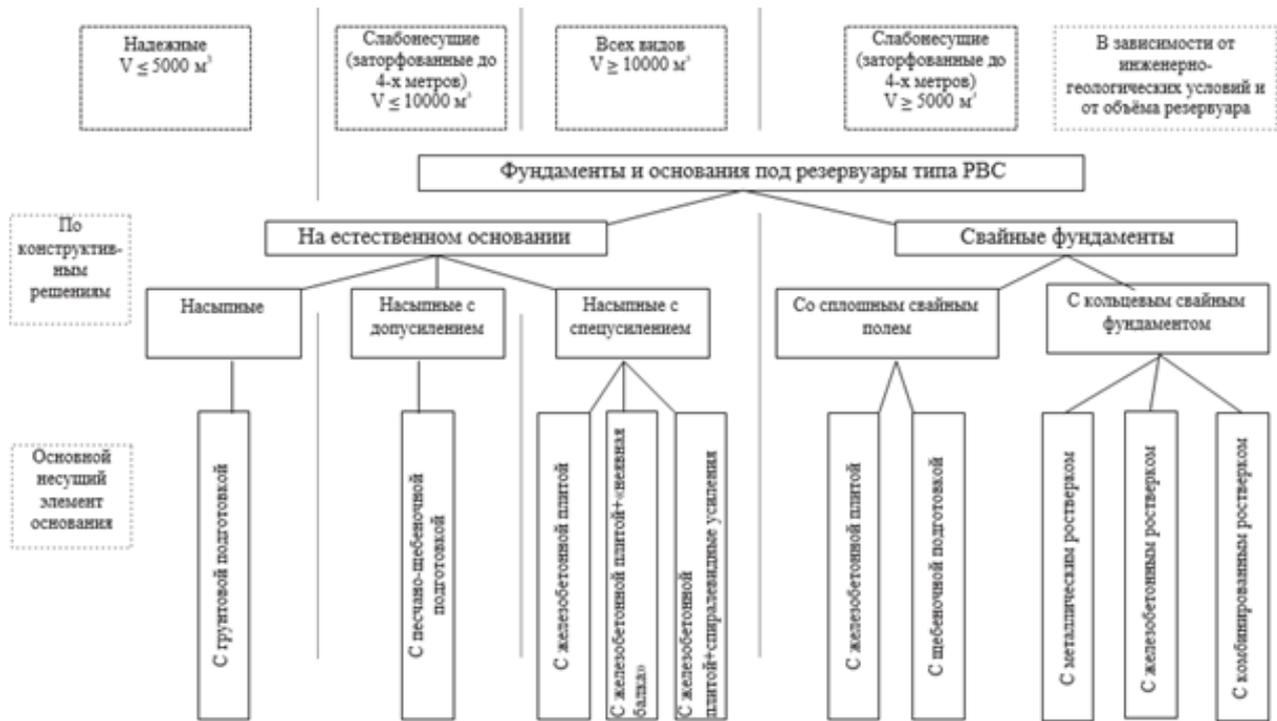


Рис. 3 –основания и фундаменты РВС.

В резервуаростроении фундаменты резервуаров на естественном основании классифицируются в зависимости от конструктивных решений. Эти классификации включают насыпные основания, насыпные основания с дополнительным усилением и насыпные основания со специальным усилением. Также существуют свайные фундаменты со сплошным свайным полем и свайные фундаменты с кольцевым свайным фундаментом.

Резервуары имеют характеристики, которые вызывают большие нагрузки на основания. Особое внимание уделяется узлу соединения стенки и дна резервуара, где возникает концентрация напряжений из-за веса конструкции и нагрузки от нефти или нефтепродуктов.

Исследования показывают, что уже после гидравлического испытания резервуаров возникает неравномерная осадка между центральной частью и стенкой из-за различного удельного давления на грунт от массы стенки и гидростатической нагрузки.

Осадка основания резервуаров вызывается деформацией грунта и является неотъемлемым явлением при эксплуатации.

Она происходит из-за сжатия грунта под нагрузкой, обусловленной массой резервуара и содержимым.

Неравномерные осадки резервуаров могут быть вызваны несколькими факторами. Один из главных факторов - неправильный выбор строительной площадки на слабонесущих грунтах.

Горизонтальные перемещения грунта под днищем резервуара также оказывают влияние на осадки. Водонасыщенность и пылеватость грунтов основания могут вызывать проблемы, особенно в районах Западной Сибири, где морозное вспучивание грунта распространено.

Эти факторы требуют тщательного анализа и мониторинга при проектировании и эксплуатации резервуаров.

#### **4.3.1 Вертикальный стальной резервуар с защитной стенкой.**

Вертикальный стальной резервуар с защитной стенкой представляет собой резервуар, предназначенный для хранения различных жидкостей, таких как нефть, вода и другие вещества. Он состоит из стальной конструкции с вертикальной ориентацией и дополнительной защитной стенки.

Основной функцией защитной стенки является предотвращение проникновения вредных веществ в окружающую среду в случае прорыва или повреждения основного резервуара. Он служит барьером для предотвращения утечки или рассеивания жидкостей, что помогает защитить окружающую среду и обеспечить безопасность.

Защитная стенка может быть изготовлена из различных материалов, таких как сталь, бетон, и другие. Обычно он имеет конструкцию, которая окружает основной резервуар и создает второй уровень защиты. В случае повреждения основного резервуара или утечки жидкости защитная стенка

задерживает и ограничивает распространение вещества, сводя к минимуму воздействие на окружающую среду.

К преимуществам вертикального стального резервуара с защитной стенкой можно отнести:

- Защита окружающей среды: защитная стенка предотвращает утечку и распространение опасных веществ в случае повреждения основного резервуара, сводя к минимуму воздействие на окружающую среду и предотвращая загрязнение почвы, воды и воздуха.
- Безопасность: Защитная стенка обеспечивает дополнительный уровень безопасности, защищая от несчастных случаев и снижая риск возгорания или взрыва.
- Улучшенная структурная прочность: Наличие защитной стенки улучшает конструкцию резервуара, обеспечивая дополнительную прочность конструкции и устойчивость к внешним нагрузкам.

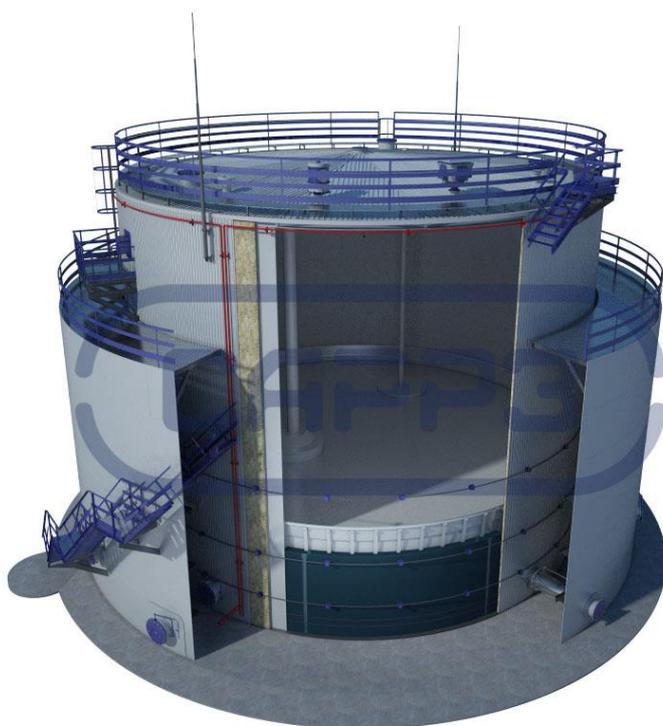


Рис 4 – защитная стенка

### 4.3.2 Мульти цилиндрическая стена

**Резервуар с мульти цилиндрической стенкой** – перспективное решение, повышающее надежность и безопасность хранения веществ. Он отличается высокой жесткостью и прочностью благодаря множеству цилиндров, образующих стенку. Конструкция обладает устойчивостью к деформациям, защитой от коррозии и энергоэффективностью.

Исследования показывают, что резервуар с мультицилиндрической стенкой выдерживает значительные нагрузки и изменения окружающей среды. Он обеспечивает долговечность и сохранность хранимых материалов, благодаря защите от влаги и агрессивных веществ.

Такая конструкция требует меньше затрат на ремонт и обслуживание. Она эффективно сопротивляется деформациям и повреждениям, что снижает операционные расходы и экономит ресурсы. Такой резервуар обеспечивает надежное, безопасное и эффективное хранение веществ.

### 4.3.3 Основание с конусообразными в сечении опорами из сыпучих тел

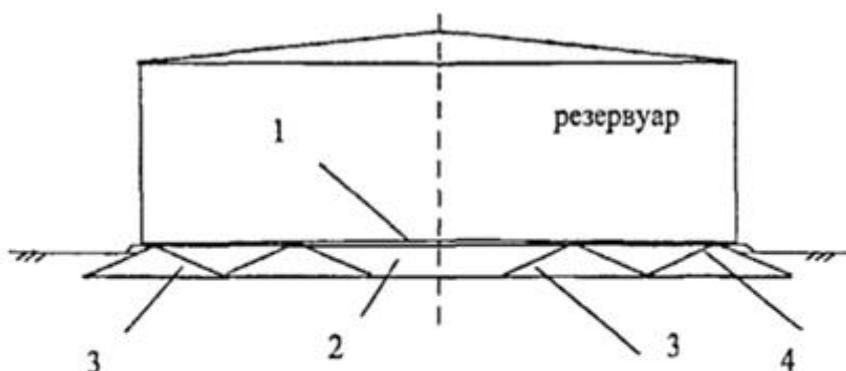
Существует конструкция основания резервуара с опорами, имеющими в сечении конусообразную форму. Конический фундамент резервуара — фундамент, используемый для поддержки вертикальных стальных резервуаров. Свое название он получил благодаря своей форме, которая напоминает конус.

Основное назначение конического фундамента – распределение нагрузки от резервуара на грунт. Опоры расположены по периметру максимальной окружности, образующие конуса имеют угол наклона равный углу естественного откоса грунта в отсыпке опоры. Технический результат особенности конструкции заключается в том, что опоры, имеющие в сечении вид конуса, увеличивают площадь опирания на грунт, тем самым повышают сопротивление внешним нагрузкам.

Технический итог специфики конструкции заключается в том, что опоры, имеющие в сечении вид конуса, увеличивают площадь опирания на грунт, тем самым увеличивают сопротивление внешним нагрузкам

К преимуществам конического фундамента относятся:

- **Равномерное распределение нагрузки:** Коническая форма фундамента обеспечивает равномерное распределение нагрузки от резервуара к грунту. Это снижает вероятность деформации или перекоса резервуара и повышает его устойчивость.
- **Снижение концентрации напряжений:** Конический фундамент помогает снизить концентрацию напряжений в определенных точках, что повышает прочность и надежность фундамента.
- **Приспособленность к неровностям грунта:** Коническая форма фундамента может компенсировать некоторую неровность поверхности грунта, что упрощает процесс строительства и позволяет приспосабливаться к изменениям грунтовых условий.



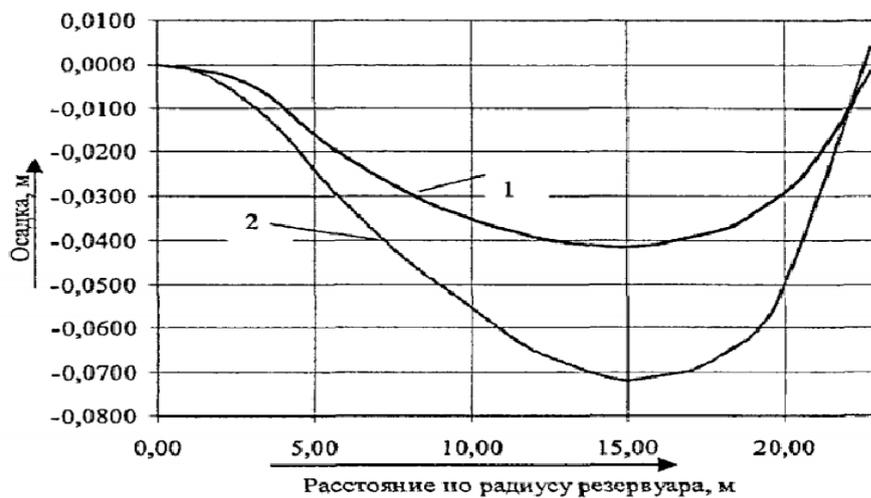
1-круглая опорная плита, 2-грунтовая подушка, 3-опоры из сыпучего тела, 4-конусная часть опоры

Рис 5. – Конический фундамент РВС



1 – конический фундамент, 2 – ленточный фундамент

Рис 5. – Распределение эквивалентных напряжений



1 – конический фундамент, 2 – ленточный фундамент

Рис 6. - Распределение прогибов

Сыпучие тела занимают промежуточное положение между жидкостями и твердыми телами. Они отличаются от них в нескольких аспектах. Во-первых, они имеют большую поверхность, способную облегать рельеф, благодаря наличию множества частиц.

Во-вторых, сыпучие тела в определенных пределах сохраняют свою форму и не могут вытекать через отверстия и щели, превышающие размеры частиц. Это позволяет удерживать сыпучие тела в определенной области.

Кроме того, сыпучие тела не равномерно распределяют давление во все стороны. Распределение давления зависит от формы, размеров и свойств частиц сыпучего тела.

Важно отметить, что сыпучие тела сохраняют форму конуса, если угол между их элементами и горизонтальной поверхностью не превышает угол естественного откоса. Это дает им устойчивость и сохранение конической формы.

Например, если мы соединим две пластины под углом и поместим их на насыпное сыпучее тело, они не разрушат его при вертикальной нагрузке. Это объясняется устойчивостью формы конуса и взаимодействием элементов системы.

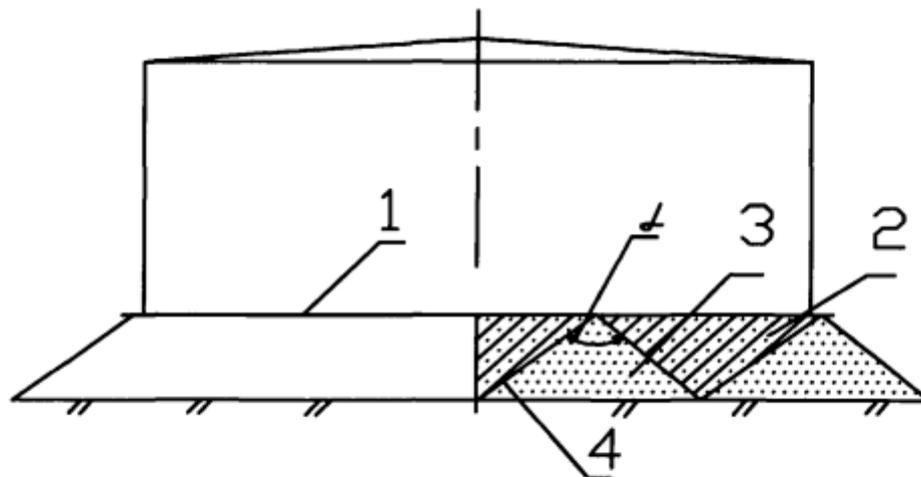
При воздействии внешнего давления, частицы сыпучей среды сжимаются и принимают форму твердых тел. Это позволяет использовать сыпучие материалы при строительстве оснований резервуаров. Например, конструкция из сыпучего материала и жестких пластин, образующих угол в вершине конуса, может быть опорой для промышленных и гражданских сооружений. Такие опоры с конической формой увеличивают площадь контакта с грунтом и обеспечивают лучшую сопротивляемость моментным и горизонтальным нагрузкам.

Технический результат заявляемого заключается в том, что опоры, имеющие в сечении вид конуса, увеличивают площадь опирания на грунт, тем самым повышают сопротивление моментным и горизонтальным нагрузкам.

Основание возводят в следующей последовательности: откапывают котлован. По максимальному периметру котлована отсыпают отсыпку из специально подготовленного песчаного грунта в два ряда, отсыпка имеет в сечении вид конуса. На отсыпку укладываются плоские горизонтальные плиты, которые сваривают и моноличивают в вершине. Затем послойно укладывают и уплотняют грунтовую подушку. Устанавливают круговую опорную плиту. []

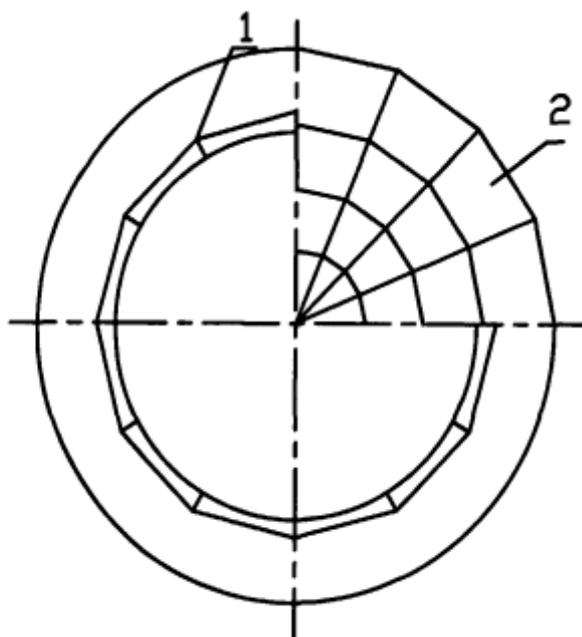
Гравелистые пески крупной и средней крупности наиболее подходят для строительства оснований с конусообразными опорами из сыпучего материала. Они обладают оптимальным углом естественного откоса, что способствует лучшей геометрической эффективности. Эти типы песков гарантируют надежность, стабильность и устойчивость конструкции в условиях различных нагрузок.

Основание включает круглую опорную плиту 1, опирающуюся на грунтовую подушку 2 и опоры 3 из сыпучего тела, опоры имеют конусообразную форму, конусная часть опоры 4 образует угол с горизонтальной поверхностью.



1 - круглая опорная плита; 2 - грунтовая подушка; 3 - опоры из сыпучего тела; 4 – конусная часть опоры.

Рис. 7 – конический фундамент в сечении



1 - круглая опорная плита; 2 - грунтовая подушка.

Рис. 8 – конический фундамент сверху

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

## 5. Расчет

### 5.1 Расчет основных параметров

Все расчеты, связанные с проектированием и строительством резервуаров, проводятся в соответствии с методом предельных состояний, указанным в СНиП 2-23-81\* и СНиП 2.01.07-85. Эти нормы предоставляют руководство по выбору класса сталей для различных элементов резервуаров, рекомендации по видам сварки и использованию сварочных материалов, а также указания по методам монтажа, конструктивным решениям, типам фундаментов и оснований. Использование данных норм обеспечивает соответствие проекта требованиям и гарантирует надежность и безопасность резервуарных конструкций.

Стенка резервуара полистового исполнения из листов 1490x5990 мм. Днище резервуара состоит из кольцевой окрайки и центральной части полистового исполнения, из листов 1490x5990 мм.

Высота резервуара с переменной толщиной стенки:

$$H_{opt} = \sqrt{\frac{Rwy \times \gamma_c \times \Delta \delta k}{n_{ж} \times p_{ж} \times g}}$$

где  $\gamma_c$  - коэффициент условия работы конструкции при расчете стенки резервуара на прочность ( $\gamma_c = 0,8$  для остальных поясов);

$n_{ж}$  - коэффициент надежности по нагрузке от гидростатического давления жидкости,  $n_{ж} = 1,1$ .

$$H_{opt} = \sqrt{\frac{268 \times 10^6 \times 0,8 \times 0,009}{1,1 \times 900 \times 9,80665}} = 11,925 \text{ м.}$$

Определяю соответствующий оптимальной высоте стенки диаметр:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					47

$$D_{онм} = 2 \times \sqrt{\frac{V_{он}}{\pi \times H_{онм}}}$$

$$D_{онм} = 2 \times \sqrt{\frac{2000}{3,14 \times 11,925}} = 15,2 \text{ м.}$$

Определяю количество поясов резервуара:

$$n_n = \frac{H_{онм}}{h'_л} = \frac{11,925}{1,49} = 8,1$$

где  $h'_л$  – высота листа с учетом подготовки кромок листа к сварке:

$$h'_л = h_л - 2 \times 0,005 = 1,5 - 0,01 = 1,49 \text{ м.}$$

Разделка листов 1,5х6

Количество поясов  $n'_n = 8$

Количество листов в каждом поясе

$$l_{разв} = n_л \times (l_л - 0,008) - l_{прип} + 0,002$$

$$n_л = \frac{l_{разв} + l_{прип} - 0,002}{(l_л - 0,008)}$$

Где  $l_{разв}$  - длина развертки (окружности)  $l_{разв} = 2 \cdot \pi \cdot R_{онм}$  ;

$l_{прип}$  - припуск монтажный  $l_{прип} = 110 \text{ мм}$  ;

$l_л$  - длинна одного листа ;

$n_л$  - ЛИСТОВ В ОДНОМ ПОЯСЕ;

Для  $n'_n = 8$  и  $H_{онм} = 11,92 \text{ м}$  :

$$n_л = \frac{l_{разв} + l_{прип} - 0,002}{(l_л - 0,008)} = \frac{3,14 \times 13,08 + 0,11 - 0,002}{(6 - 0,008)} = 6,87$$

принимаем  $n_{л1} = 6$ ,  $n_{л2} = 7$  .

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						48

Определяем внутренний диаметр резервуара:

$$1) D_1 = \frac{n_{л1} \times l'_л}{\pi} = \frac{6 \times 5,995}{3,14} = 11,56 \text{ м};$$

$$2) D_2 = \frac{n_{л2} \times l'_л}{\pi} = \frac{7 \times 5,995}{3,14} = 13,38 \text{ м};$$

Определяем геометрический объем:

$$\frac{|V_{\text{он}} - V_{\text{стр}}|}{V_{\text{он}}} \times 100\% \leq 5\%$$

$$V_{\text{стр}1} = \frac{\pi \times D_1^2}{4} \times H_{\text{опт}1} = \frac{3,14 \times 11,46^2}{4} \times 7,45 = 767,445 \text{ м}^3;$$

$$\frac{|2000 - 1767,445|}{2000} \times 100\% = 23,26\%$$

$$V_{\text{стр}2} = \frac{\pi \times D_2^2}{4} \times H_{\text{опт}1} = \frac{3,14 \times 13,36^2}{4} \times 7,45 = 2045,579 \text{ м}^3;$$

$$\frac{|1000 - 1044,579|}{3000} \times 100\% = 4,46\%$$

## 5.2 Расчет толщины стенки для условий эксплуатации

$$t_{\text{э}} = \frac{[n_{\Gamma} \cdot \rho \cdot g \cdot (H_{\text{н}} - Z_i) + n_{\text{и}} \cdot P_{\text{и}}^{\text{н}}] \cdot R_{\text{п}}}{\gamma_{\text{с}} R_{\text{вы}}}$$

где  $n_{\Gamma}$  - коэффициент надежности по нагрузке гидростатического давления,

$$n_{\Gamma} = 1,1;$$

$n_{\text{и}}$  - коэффициент надежности по нагрузке избыточного давления и вакуума,

$$n_{\text{и}} = 1,2;$$

$Z_i$  - расстояние от днища до расчетного уровня, м;

$\gamma_{\text{с}}$  - коэффициент условий работы,  $\gamma_{\text{с}} = 0,7$  для нижнего пояса,  $\gamma_{\text{с}} = 0,8$  для

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						49

ОСТАЛЬНЫХ ПОЯСОВ.

$$t_{\text{э1}} = \frac{2000 \times [1,1 \times 900 \times 9,81 \times (7,05 - 0,3) + 1,2 \times 70000] \times 6,68}{0,7 \times 268 \times 10^6}$$
$$= 5,19 \text{ мм};$$

$$t_{\text{э2}} = \frac{2000 \times [1,1 \times 900 \times 9,81 \times (7,05 - 1,49) + 1,2 \times 70000] \times 6,68}{0,8 \times 268 \times 10^6}$$
$$= 4,21 \text{ мм};$$

$$t_{\text{э3}} = \frac{2000 \times [1,1 \times 900 \times 9,81 \times (7,05 - 2,98) + 1,2 \times 70000] \times 6,68}{0,8 \times 268 \times 10^6}$$
$$= 3,78 \text{ мм};$$

$$t_{\text{э4}} = \frac{2000 \times [1,1 \times 900 \times 9,81 \times (7,05 - 4,47) + 1,2 \times 70000] \times 6,68}{0,8 \times 268 \times 10^6}$$
$$= 3,35 \text{ мм};$$

$$t_{\text{э5}} = \frac{2000 \times [1,1 \times 900 \times 9,81 \times (7,05 - 5,96) + 1,2 \times 70000] \times 6,68}{0,8 \times 268 \times 10^6}$$
$$= 2,93 \text{ мм};$$

$$t_{\text{э6}} = \frac{2000 \times [1,1 \times 900 \times 9,81 \times (7,05 - 6,34) + 1,2 \times 70000] \times 6,68}{0,8 \times 268 \times 10^6}$$
$$= 2,45 \text{ мм};$$

$$t_{\text{э7}} = \frac{2000 \times [1,1 \times 900 \times 9,81 \times (7,05 - 7,35) + 1,2 \times 70000] \times 6,68}{0,8 \times 268 \times 10^6}$$
$$= 1,79 \text{ мм};$$

$$t_{\text{э8}} = \frac{2000 \times [1,1 \times 900 \times 9,81 \times (7,05 - 8,69) + 1,2 \times 70000] \times 6,68}{0,8 \times 268 \times 10^6} = 0,93 \text{ мм}.$$

1. Расчет толщины стенки с припуском на коррозию

									Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					50

$t_{\text{э}} + c$ , мм;

$c$  – припуск = 0,59 мм

2. Расчет по условиям гидроиспытаний:

$$t_g = \frac{R_p [n_{\Gamma} \times p_{\text{в}} \times g \times (H_g - Z_i)]}{\gamma_c \times R_{wy}}$$

где  $H_g$  – уровень залива воды при гидроиспытаниях,  $H_g = H_{\text{н}} = 7,05$  м;

$\rho_{\text{в}}$  – плотность воды равная 1000кг/м<sup>3</sup>. Согласно п. 2.12.12 РД - 16.01 - 60.30.00 – КТН – 026 – 1 – 04 резервуар объемом менее 20000м<sup>3</sup> выдерживают 24 часа, залитый до верхней проектной отметки;

$\gamma_c = 0,9$  - коэффициент условий работы при гидроиспытаниях для всех поясов одинаков. Сталь С275:

$$t_{g1} = \frac{6,68 \times 2000 [1,1 \times 2000 \times 9,81 \times (7,05 - 0,3)]}{0,9 \times 268 \times 10^6} = 3,02 \text{ мм};$$

$$t_{g2} = \frac{6,68 \times 2000 [1,1 \times 2000 \times 9,81 \times (7,05 - 1,49)]}{0,9 \times 268 \times 10^6} \\ = 2,66 \text{ мм};$$

$$t_{g3} = \frac{6,68 \times 2000 [1,1 \times 2000 \times 9,81 \times (7,05 - 2,98)]}{0,9 \times 268 \times 10^6} \\ = 2,12 \text{ мм};$$

$$t_{g4} = \frac{6,68 \times 2000 [1,1 \times 2000 \times 9,81 \times (7,05 - 4,47)]}{0,9 \times 268 \times 10^6} \\ = 1,77 \text{ мм};$$

$$t_{g5} = \frac{6,68 \times 2000 [1,1 \times 2000 \times 9,81 \times (7,05 - 5,96)]}{0,9 \times 268 \times 10^6} \\ = 1,33 \text{ мм};$$

$$t_{g6} = \frac{6,68 \times 2000 [1,1 \times 2000 \times 9,81 \times (7,05 - 6,34)]}{0,9 \times 268 \times 10^6} \\ = 1,03 \text{ мм};$$

$$t_{g7} = \frac{6,68 \times 2000 [1,1 \times 2000 \times 9,81 \times (7,05 - 7,55)]}{0,9 \times 268 \times 10^6} \\ = 0,98 \text{ мм};$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					51

$$t_{g8} = \frac{6,68 \times 2000 [1,1 \times 2000 \times 9,81 \times (7,05 - 8,69)]}{0,9 \times 268 \times 10^6}$$

$$= 0,37 \text{ мм};$$

Так как толщина 5-4-го поясов резервуара для стали С275 получилась равной 3,5-3,9 мм, а минимально конструктивно необходимая толщина стенки по условиям устойчивости резервуара равна 4 мм (таблица 3.3 ПБ 03-605-03), то проверяем возможность сооружения 5-4 поясов из менее прочной стали С255.

$$R_{wy} = R_y = \frac{\sigma_T}{\gamma_m} = \frac{245}{1,025} = 238,78 \text{ МПа}$$

Расчет толщины стенки:

$$t_{э7} = \frac{2000 \times [1,1 \times 850 \times 9,81 \times (7,05 - 4,47) + 1,2 \times 70000] \times 6,68}{0,8 \times 238,78 \times 10^6}$$

$$= 3,76 \text{ мм};$$

$$t_{э8} = \frac{2000 \times [1,1 \times 850 \times 9,81 \times (7,05 - 5,96) + 1,2 \times 70000] \times 6,68}{0,8 \times 238,78 \times 10^6} = 3,29 \text{ мм};$$

1. Расчет толщины стенки с припуском на коррозию

$$t_э + c, \text{ мм};$$

$$c - \text{припуск} = 0,59 \text{ мм}$$

2. Расчет по условиям гидроиспытаний:

$$t_{g4} = \frac{6,68 \times 1000 \times [1,1 \times 1000 \times 9,81 \times (7,05 - 4,47)]}{0,9 \times 238,78 \times 10^6} = 0,77 \text{ мм};$$

$$t_{g5} = \frac{6,68 \times 1000 \times [1,1 \times 1000 \times 9,81 \times (7,05 - 5,96)]}{0,9 \times 238,78 \times 10^6} = 0,326 \text{ мм};$$

С 1 по 3 пояс – сталь С275, а с 4 по 8 – С225

### 5.3 Расчет резервуара на устойчивость

Расчет производится в соответствии с РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04

Нормативная нагрузка вакуума на покрытие:

$$Q = \pi \cdot R^2 \cdot P ,$$

где  $P_{\text{вак}}$  - нормативное значение вакуума в газовом пространстве, Па.

$$Q_{\text{вак}} = 3,14 \times 6,68^2 \times 270 = 37830,87, \text{ Н};$$

Полный объем резервуара:

$$V_{o,p} = (V_{г.п} + V_{ж})$$

$$V_{o,p} = 2070,578$$

Полезный объем резервуара:

$$V_n = (H_H - H_{min}) \times \frac{\pi \times D^2}{4} = 948,8,$$

где  $H_{min}$  – min расстояние от днища резервуара до оси ПРП (приемо – раздаточный патрубок).

Принимаем равное 390мм (требование по минимальному расстоянию от днища резервуара до оси патрубка),

$D_y = 250$ мм [РД 16.01 – 60.30.00 – КТН – 026 – 1 – 04, табл. 2.4, 2.7] – условный проход патрубка.

Минимальный (аварийный) уровень залива жидкости составит:

$$H_{\min} = 390 + 250/2 = 515 \text{ мм.}$$

Необходимость расчета минимального (аварийного) уровня залива жидкости связана со стабильной и безаварийной работой насосных агрегатов. При откачке нефти ниже минимального (аварийного) уровня залива жидкости насос начнет хватать воздух, это приведет к кавитации и, соответственно, к выходу насосного агрегата из строя.

$$\eta_3 = \frac{V_n}{V_{\text{стр}}}$$

где  $\eta_3$  – коэффициент использования объема резервуара,  $0 < \eta_3 < 1$ .

$$\eta_3 = 0,908 \text{ или } 91\%$$

Расчет массы стенки резервуара по поясам, в одном поясе 9 листов:

$$m_1 = 1,49 \times 5,99 \times 7850 \times 0,007 \times 7 = 34330 \text{ кг;}$$

$$m_2 = 1,49 \times 5,99 \times 7850 \times 0,006 \times 7 = 29426 \text{ кг;}$$

$$m_3 = 1,49 \times 5,99 \times 7850 \times 0,005 \times 7 = 24521 \text{ кг;}$$

$$m_4 = 1,49 \times 5,99 \times 7850 \times 0,005 \times 7 = 24521 \text{ кг;}$$

$$m_5 = 1,49 \times 5,99 \times 7850 \times 0,005 \times 7 = 24521 \text{ кг;}$$

$$m_6 = 1,49 \times 5,99 \times 7850 \times 0,004 \times 7 = 19821 \text{ кг;}$$

$$m_7 = 1,49 \times 5,99 \times 7850 \times 0,004 \times 7 = 19821 \text{ кг;}$$

$$m_8 = 1,49 \times 5,99 \times 7850 \times 0,003 \times 7 = 16831 \text{ кг;}$$

Масса изоляции поясов:

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						54

$$m_{\text{из}} = 1,49 \times 5,99 \times 965 \times 0,003 = 258,38 \text{ кг.}$$

Масса стенки резервуара:

$$m_{\text{ст}} = \sum_{i=1}^n m_i + m_{\text{из}}$$

$$m_{\text{ст}} = (3433,0 + 2942,6 + 2452,1 + 2452,1 + 2452,1) + 258,38 \\ = 13500,11 \text{ кг} = 13,5 \text{ тонн.}$$

Масса днища:

$$m_{\text{дн}} = m_{\text{окр}} + m_{\text{ц.ч.}}$$

Где  $m_{\text{окр}}$  – масса крайки днища,

$m_{\text{ц.ч.}}$  – масса центральной части днища.

$$m_{\text{окр}} = S_{\text{окр}} \times \delta_{\text{окр}} \times \rho_{\text{ст}}$$

Где  $S_{\text{окр}}$  – площадь крайки днища,

$\delta_{\text{окр}}$  – толщина стенки крайки.

$$m_{\text{ц.ч.}} = S_{\text{ц.ч.}} \times \delta_{\text{ц.ч.}} \times \rho_{\text{ст}}$$

Где  $S_{\text{ц.ч.}}$  – площадь центральной части,

$\delta_{\text{ц.ч.}}$  – толщина стенки центральной части.

В соответствии с РД- 16.01-60.30-КТН-026-1-04, п.2.3.3.3,  $\delta_{\text{ц.ч.}}=9\text{мм}$ .

И в соответствии с п 1.5.3.  $\delta_{\text{окр}} = 9\text{мм}$ .

Ширина крайки согласно РД- 16.01-60.30-КТН-026-1-04 п.2.3.3.5-

п.2.3.3.12 рассчитывается как сумма:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					55

$$0,8+0,05+0,06+0,007=0,917 \text{ м.}$$

$$S_{\text{окр}} = \frac{\pi \times D^2}{4} - \frac{\pi \times (D - 2 \times 0,917)^2}{4};$$

$$S_{\text{окр}} = \frac{3,14 \times 13,36^2}{4} - \frac{3,14 \times (13,36 - 2 \times 0,917)^2}{4} = 35,83 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{ц.ч.}} = \frac{3,14 \times (13,36 - 2)^2}{4} = 101,3 \text{ м}^2.$$

$$m_{\text{окр}} = 35,83 \times 0,009 \times 7850 = 2531,26 \text{ кг} = 2,5 \text{ тонн};$$

$$m_{\text{ц.ч.}} = 101,3 \times 0,009 \times 7850 = 7157,123 \text{ кг} = 7,2 \text{ тонн};$$

$$m_{\text{дн}} = 2,5 + 7,2 = 9,7 \text{ тонн.}$$

Расчет толщины листов днища:

$$\Delta_{\text{дн}} = \frac{\delta_{\text{ц.ч.}} \times S_{\text{ц.ч.}} + \delta_{\text{окр}} \times S_{\text{окр}}}{S_{\text{ц.ч.}} + S_{\text{окр}}}$$

$\Delta_{\text{д.к.}} = \Delta_{\text{дн}} + \Delta_{\text{к}}$  - сумма приведенных толщин днища и крыши резервуара,

$$\Delta_{\text{дн}} = \frac{0,009 \times 101 + 0,009 \times 35,83}{101 + 35,83} = 0,009 \text{ м.}$$

Масса крыши:

$$m_{\text{кр}} = S_{\text{кон}} \times \Delta_{\text{к}} \times \rho_{\text{ст}} + S_{\text{кон}} \times \delta_{\text{из}} \times \rho_{\text{из}}$$

где  $\Delta_{\text{к}} = 0,009 \text{ мм}$

$\delta_{\text{из}} = 0,0025 \text{ мм}$  - толщина изоляции;

$S_{\text{сф}}$  - площадь боковой поверхности крыши:

$$S_{\text{сф}} = \pi \times R \times L$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						56

$$S_{\text{сф}} = \sqrt{H_{\text{кр}}^2 + R_p^2} = \sqrt{0,56^2 + 6,68^2} = 6,7 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{кон}} = 3,14 \times 6,68 \times 6,7 = 140,6 \text{ м}^2;$$

$$m_{\text{кр}} = 140 \times 7850 \times 0,009 + 140,6 \times 965 \times 0,0025 = 10272,59 \text{ кг} \\ = 10,3 \text{ тонн.}$$

Вес стенки:

$$Q_{\text{крыши}} = m_{\text{кр}} \times g$$

$$Q_{\text{крыши}} = 10272,59 \times 9,81 = 100774 \times H = 0,101 \text{ МН}$$

Вес покрытия:

$$Q_{\text{п}} = 2 \times \pi \times R_p^2 \times (Q_{\text{об}}^H + Q_{\text{ок}}^H) + Q_{\text{кр}}$$

$$Q_{\text{п}} = 2 \times 3,14 \times 6,68^2 \times (320 + 200) + 100774 \times H = 0,246 \text{ МН.}$$

где  $Q_{\text{об}}^H$  – вес оборудования, принимаем  $Q_{\text{об}}^H = 320 \text{ Н/м}^2$ ;

$Q_{\text{ок}}^H$  – вес опорного кольца, принимаем  $Q_{\text{ок}}^H = 200 \text{ Н/м}^2$ ;

$$P_{\text{изб}} \times \frac{\pi \times D^2}{4} = 70000 \times \frac{3,14 \times 15,2^2}{4} = 9808004 \text{ Н} = 9,8 \text{ МН}$$

$$Q_{\text{крыши}} + Q_{\text{стенки}} = 100774 + 132436 = 233210 \times H = 0,23 \text{ МН.}$$

Снеговая нагрузка:

$$Q_{\text{сн}} = P_{\text{сн}}^H \times \mu \times 2 \times \pi \times R_p^2,$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						57

Где  $\mu$  - коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаем  $\mu = 0,7$  (СНиП 2.01.07-85\*);

$$Q_{сн} = 1800 \times 0,7 \times 2 \times 3,14 \times 6,68 = 353088,1Н = 0,35 МН.$$

Ветровая нагрузка:

$$Q_{в} = W \times k \times C \times 2 \times \pi \times R_p^2,$$

где  $k_2$  – коэффициент аэродинамической обтекаемости,  $k_2 = 0,6$ ;

Коэффициенты при расчете ветровой нагрузки определяются согласно СНиП 2.01.07-85\* «Нагрузки и воздействия».

Определение аэродинамических коэффициентов:

В расчетах учитываются только коэффициент  $C_{e1}$ , действующий на стенку резервуара.

$$C_{e1} = k_1 \cdot C_{\beta}, \text{ если } C_{\beta} > 0, \text{ то } k_1 = 1.$$

$C_{\beta}$  необходимо принимать при  $Re > 4 \cdot 10^5$ ;

$$R_e = 0,88 \times D_p \times \sqrt{W_0 \times k \times \lambda_j} \times 10^5,$$

где  $k = 0,7286$ , (п.6.5, тип местности В - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м) - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления (методом интерполяции между 10 и 20 м); для резервуара высотой 7,45 м;

$\gamma_f = 1,4$ . (СНиП 2.01.07-85\* п.6.11.);

$$R_e = 0,88 \times 13,36 \times \sqrt{580 \times 0,7286 \times 1,4} \times 10^5 = 28,5 \times 10^5 > 4,5 \times 10^5$$

$$C_{e1} = K_1 \times C_{\beta} = 1 \times 0,5 = 0,5$$

$$Q_B = W \times k \times C \times 2 \times \pi \times R_p^2 = 580 \times 0,6 \times 0,5 \times 2 \times 3,14 \times 6,68^2 = 48759,796H$$

$$= 0,048 \text{ МН}$$

Рассмотрим два крайних случая наложения воздействий.

Вакуум + симметричная снеговая нагрузка

Для этого случая (СНиП 2.01.07 – 85\*, приложение 3, вариант 1)

используются следующие показатели учитывающие сочетание нагрузок:

$$L_1 = 0,95 + L_2 \times 0,9 = 37830 \times 0,95 + 353088 \times 0,9$$

$$= 353717,7H$$

Где  $L_1$  - нагрузка вызванная вакуумом;

$L_2$  - нагрузка вызванная симметричной снеговой нагрузкой.

Избыточное давление + ветер

Для этого случая (СНиП 2.01.07 – 85\*, пр. 3, вариант 1) используются

следующие показатели учитывающие сочетание нагрузок:

$$L_3 = 0,95 + L_4 \times 0,9 = 77188 \times 0,95 + 48759 \times 0,9$$

$$= 117212,4H$$

Где  $L_3$  - нагрузка, вызванная избыточным давлением;

$L_4$  - нагрузка, вызванная ветровой нагрузкой.

Выбираем второй вариант сочетания нагрузок, т.к. он имеет наибольшее значение.

Определяем  $\sigma_1$ :

1 пояс:

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						59

$$\sigma_1 = \frac{n_3 \times (Q_{\Pi} + Q_{\text{стенки}} + Q_{\text{стенки1}}) + \psi \times (Q_{\text{сн}} + Q_{\text{вак}} \times n_2)}{2 \times \pi \times R_p \times \sigma_i}$$

$$\sigma_1 = \frac{1,1 \times (2646493 + 101034,4) + 390918,1}{2 \times 3,14 \times 6,68 \times 0,007} = 1301809 \text{ Па}$$

2 пояс:

$$\sigma_1 = \frac{n_3 \times (Q_{\Pi} + Q_{\text{стенки}} - (Q_{\text{стенки1}} + Q_{\text{стенки2}})) + \psi \times (Q_{\text{сн}} + Q_{\text{вак}} \times n_2)}{2 \times \pi \times R_p \times \sigma_i}$$

$$\sigma_1 = \frac{1,1 \times (2646493 + 72167,42) + 390918,1}{2 \times 3,14 \times 6,68 \times 0,006} = 1392622,65 \text{ Па}$$

3 пояс

$$\sigma_1 = \frac{1,1 \times (2646493 + 48111,62) + 390918,1}{2 \times 3,14 \times 6,68 \times 0,005} = 1544991,62 \text{ Па}$$

4 пояс

$$\sigma_1 = \frac{1,1 \times (2646493 + 24055,82) + 390918,1}{2 \times 3,14 \times 6,68 \times 0,005} = 1418836,07 \text{ Па}$$

5 пояс

$$\sigma_1 = \frac{1,1 \times (2646493 + 0,021583) + 390918,1}{2 \times 3,14 \times 6,68 \times 0,005} = 1292680,52 \text{ Па}$$

6 пояс

$$\sigma_1 = \frac{1,1 \times (2646493 + 34566,44) + 390918,1}{2 \times 3,14 \times 6,68 \times 0,005} = 1222680,92 \text{ Па}$$

7 пояс

$$\sigma_1 = \frac{1,1 \times (2646493 + 212336,44) + 390918,1}{2 \times 3,14 \times 6,68 \times 0,005} = 1122640,92 \text{ Па}$$

8 пояс

$$\sigma_1 = \frac{1,1 \times (2646493 + 187336,44) + 390918,1}{2 \times 3,14 \times 6,68 \times 0,005} = 108540,92 \text{ Па}$$

Средняя арифметическая толщина стенки:

$$t_{\text{cp}} = \frac{1}{a} \times \sum_{i=1}^a t_i;$$

$$\delta_{\text{cp}} = \frac{(0,007 + 0,006 + 3 \times 0,005)}{5} = 0,0056 \text{ м};$$

$$\frac{R_p}{\delta_{\text{cp}}} = \frac{6,68}{0,0056} = 1237,037;$$

Методом интерполяции определяем  $C=0,076$

$$1 \text{ пояс } y_{01} = 0,076 \times 2,06 \times 10^5 \times \frac{0,007}{6,68} = 16,41 \text{ Мпа};$$

$$2 \text{ пояс } y_{01} = 0,076 \times 2,06 \times 10^5 \times \frac{0,06}{6,68} = 14,06 \text{ Мпа};$$

$$3 \text{ пояс } y_{01} = 0,076 \times 2,06 \times 10^5 \times \frac{0,005}{6,68} = 11,72 \text{ Мпа};$$

$$4 \text{ пояс } y_{01} = 0,076 \times 2,06 \times 10^5 \times \frac{0,005}{6,68} = 11,72 \text{ Мпа};$$

$$5 \text{ пояс } y_{01} = 0,076 \times 2,06 \times 10^5 \times \frac{0,005}{6,68} = 11,72 \text{ Мпа};$$

$$6 \text{ пояс } y_{01} = 0,076 \times 2,06 \times 10^5 \times \frac{0,004}{6,68} = 10,52 \text{ Мпа};$$

$$7 \text{ пояс } y_{01} = 0,076 \times 2,06 \times 10^5 \times \frac{0,004}{6,68} = 10,52 \text{ Мпа};$$

$$8 \text{ пояс } y_{01} = 0,076 \times 2,06 \times 10^5 \times \frac{0,002}{6,68} = 9,92 \text{ Мпа};$$

Расчетные напряжения в стенке при расчете на устойчивость по формуле:

$$\sigma_2 = \frac{P_B \times n_B + P_{\text{вак}} \times n_2}{\sigma_{\text{cp}}} \times R_p,$$

где  $P_B$  - нормативное значение ветровой нагрузки на резервуар, Па;  $n_B$  - коэффициент надежности по ветровой нагрузке,  $n_B = 0,6$ ;

$n_2$  - коэффициент надежности по нагрузке избыточного давления и вакуума,

									Лист
									61
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					

$n_2=1,2$ .

Нормативное значение ветровой нагрузки определяется по формуле:

$$P_B = W_0 \times k_2 \times C_0,$$

Где  $W_0$  - нормативное значение ветрового давления, для рассматриваемого района, Па;

$k_2=0,7286$ - коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления .

$$1 \text{ пояс } P_B = 580 \times 0,5 \times 05 = 145 \text{ Па}$$

$$2 \text{ пояс } P_B = 580 \times 0,5 \times 05 = 145 \text{ Па}$$

$$3 \text{ пояс } P_B = 580 \times 0,5 \times 05 = 145 \text{ Па}$$

$$4 \text{ пояс } P_B = 580 \times 0,53 \times 05 = 145,87 \text{ Па}$$

$$5 \text{ пояс } P_B = 580 \times 0,582 \times 05 = 168,78 \text{ Па}$$

$$6 \text{ пояс } P_B = 580 \times 0,42 \times 05 = 128,78 \text{ Па}$$

$$7 \text{ пояс } P_B = 580 \times 0,322 \times 05 = 113,78 \text{ Па}$$

$$8 \text{ пояс } P_B = 580 \times 0,298 \times 05 = 103,78 \text{ Па}$$

Определяем  $\sigma_2$

$$1 \text{ пояс } \sigma_2 = \frac{145 \times 0,6 + 200 \times 1,2}{0,0056} \times 6,68 = 390064 \text{ Па} = 0,39 \text{ МПа}$$

$$2 \text{ пояс } \sigma_2 = \frac{145 \times 0,6 + 200 \times 1,2}{0,0056} \times 6,68 = 390064 \text{ Па} = 0,39 \text{ МПа}$$

$$3 \text{ пояс } \sigma_2 = \frac{145 \times 0,6 + 200 \times 1,2}{0,0056} \times 6,68 = 390064 \text{ Па} = 0,39 \text{ МПа}$$

$$4 \text{ пояс } \sigma_2 = \frac{145,87 \times 0,6 + 200 \times 1,2}{0,0056} \times 6,68 = 390064,1 \text{ Па} = 0,391 \text{ МПа}$$

$$5 \text{ пояс } \sigma_2 = \frac{168,78 \times 0,6 + 200 \times 1,2}{0,0056} \times 6,68 = 407084 \text{ Па} = 0,41 \text{ МПа}$$

$$6 \text{ пояс } \sigma_2 = \frac{158,28 \times 0,6 + 200 \times 1,2}{0,0056} \times 6,68 = 405084 \text{ Па} = 0,41 \text{ МПа}$$

$$7 \text{ пояс } \sigma_2 = \frac{153,71 \times 0,6 + 200 \times 1,2}{0,0056} \times 6,68 = 402014 \text{ Па} = 0,40 \text{ МПа}$$

$$8 \text{ пояс } \sigma_2 = \frac{149,84 \times 0,6 + 200 \times 1,2}{0,0056} \times 6,68 = 380014 \text{ Па} = 0,38 \text{ МПа}$$

Критические кольцевые напряжения:

$$\sigma_2 = 0,55 \times E \times \frac{R_p}{H} \times \left(\frac{\sigma_{cp}}{R_p}\right)^{\frac{3}{2}}$$

Где Н – геометрическая высота стенки резервуара, м.

$$\sigma_2 = 0,55 \times 2,06 \times 10^5 \times \frac{6,68}{7,45} \times \left(\frac{0,0054}{6,68}\right)^{\frac{3}{2}} = 2,33 \text{ МПа}$$

Проверяем условие:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{01}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{02}} \leq 1,0$$
$$\frac{26,25}{164,1} + \frac{3,9}{23,3} \leq 1,0$$

Условие устойчивости резервуара выполняется.

## **6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.**

В настоящее время резервуары для хранения углеводородов — одна из важнейших составных частей производственной инфраструктуры, ее устойчивое развитие входит в число приоритетных задач в российской и мировой системе транспорта и хранения углеводородов.

Поэтому, повышение эксплуатационной надёжности резервуара вертикального стального типа РВС-20000м<sup>3</sup> для хранения нефти и нефтепродуктов путём снижения рисков его разрушения является выгодным проектом с экономической точки зрения.

Целью данного раздела является анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения технологий и разработок для определения наиболее эффективного способа повышения эксплуатационной надёжности резервуара вертикального стального типа РВС-20000м<sup>3</sup>.

### **6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

С необходимостью повышения эксплуатационной надёжности резервуара вертикального стального типа РВС-20000м<sup>3</sup> приходится встречаться при их проектировании, сооружении и эксплуатации.

Технические решения, приведенные в проекте, могут заинтересовать большое количество нефтегазовых компаний, занимающихся хранением нефти и нефтепродуктов.

#### **6.1.2 Анализ конкурентных технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ позволит своевременно внести

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

коррективы в исследование, чтобы успешнее Анализ конкурентоспособных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для её будущего.

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 определяется по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^n V_i \cdot B_i \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки;

$V_i$  – вес показателя (в долях единиц);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 2.

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений  
(разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8

Технические критерии оценки

1. Повышение производительности труда	0,15	5	3	4	0,75	0,45	0,75
2. Удобство в эксплуатации	0,06	4	3	4	0,24	0,24	0,18
3. Энергоэкономичность	0,1	3	4	4	0,4	0,4	0,4
4. Надежность	0,15	4	2	3	0,6	0,3	0,45
5. Безопасность	0,09	4	3	4	0,45	0,45	0,45
6. Простота эксплуатации	0,04	5	3	4	0,5	0,3	0,4

Экономически критерии оценки

1. Конкурентоспособность продукта	0,05	5	3	3	0,15	0,15	0,15
2. Цена	0,1	3	5	3	0,3	0,5	0,3
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	3	4	3	0,3	0,4	0,3
4. Финансирование научной разработки	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>40</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>3,89</b>	<b>3,35</b>	<b>3,58</b>

К<sub>ф</sub> – Применение воздушно-плазменного напыления;

К<sub>б1</sub> - Механизированная сварка в среде защитных газов неплавящимся вольфрамовым электродом;

К<sub>б2</sub> – Ручная дуговая сварка.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что конкурентоспособность применения воздушно-плазменного напыления составляет 3,89, в то время как показатели других способов 3,35 и 3,58 соответственно. Уязвимость конкурентов обусловлена низкими показателями надёжности, простоты эксплуатации, а также незначительными показателями

повышения производительности труда пользователя.

### 6.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. На первом этапе необходимо определить сильные и слабые стороны технологии, выявить возможности и угрозы для её реализации.

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Слабые стороны – это недостатки, упущения или ограничения научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Угрозы – это нежелательные ситуации, тенденции или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

Результаты SWOT-анализа исследования, проведенного в рамках данной выпускной квалификационной работы, представлены в таблице 2.

*Таблица 2 – Матрица SWOT*

										Лист
										67
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

	<p align="center"><b>Сильные стороны проекта:</b></p> <p>С1. Высокая эффективность технологии</p> <p>С2. Разнообразные технологические решения в технологии эксплуатации.</p> <p>С3. Нефтепродуктопровод пользуется массовым спросом</p> <p>С4. Применяемые методики соответствуют требованиям нормативных документов.</p> <p>С5. Возможность применения на действующих нефтепроводах.</p>	<p align="center"><b>Слабые стороны проекта:</b></p> <p>Сл1. Высокая стоимость материалов и оборудования</p> <p>Сл2. Требуется постоянных затрат на материалы</p> <p>Сл3. Труднодоступность большого количества материалов</p> <p>Сл3. Недостаточное количество современных источников</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Использование инновационной структуры ТПУ</p> <p>В2. Появление потенциального спроса на новые разработки</p> <p>В3. Повышение уровня вовлеченности со стороны государства</p> <p>В4. Возможность применения технологии на большем количестве объектов</p>	<p>– Использована более свежая информация, которая была использована для разработки технологии может уменьшить конкурентоспособность других</p> <p>– Учет пожеланий заказчиков при соблюдении требований нормативных документов</p> <p>– Расширение кадрового состава</p>	<p>– Применение опыта работы компаний-партнеров</p> <p>– Повышение уровня сотрудничества с компаниями другого профиля</p> <p>– Отбор высококвалифицированных специалистов</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Возможность отказа заказчика от проекта из-за высокой стоимости</p> <p>У2. Истощение запасов месторождений</p> <p>У3. Изменение нормативно- правовой базы</p> <p>У4. Появление новых технологий</p> <p>У5. Возможны проблемы при транспортировке оборудования и материалов</p>	<p>– Постоянное отслеживание изменений в законодательстве</p> <p>– Повышенная качественная характеристика материалов</p> <p>Постоянное отслеживание появления новых научных разработок по теме исследования</p>	<p>– Создание универсального алгоритма подбора технологического оборудования</p> <p>– Переквалификация сотрудников предприятия</p> <p>– Развитие исследования для возможности применения</p> <p>– новых технических решений</p>



<b>Основные этапы</b>	<b>№ работ</b>	<b>Содержание работ</b>	<b>Должность исполнителя</b>
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Разработка общей методики проведения исследований	Руководитель, студент
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	4	Календарное планирование работ	Руководитель
	5	Определение объёма и частей	Студент
Теоретическое исследование	6	Проведение теоретического исследования темы	Студент
	7	Проведение расчётов	Студент
	8	Разработка части «финансовый менеджмент»	Студент
	9	Разработка части «социальная ответственность»	Студент
Обобщение и анализ результатов	10	Оценка эффективности проделанных работ	Студент
Оформление отчёта	11	Составление пояснительной записки	Студент
	12	Разработка презентации	Студент

### 6.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях;  
 $k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

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

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

$T_{\text{вых}}/T_{\text{пр}}$  – количество выходных и праздничных дней в году;

В 2023 году:  $T_{\text{кал}} = 365$  дней,  $T_{\text{вых/пр}} = 118$ . Подставим численные значения в формулу:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  округляются до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в таблице

Таблица 4 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел.-дн.	$t_{max}$ , чел.-дн.	$t_{ож}$ , чел.-дн.			
Календарное планирование работ по теме	4	8	5,6	Руководитель и студент	3	4
Постановка цели и задач исследования	4	8	5,6	Руководитель и студент	3	4
Литературный обзор	13	19	15,4	Студент	15	23
Составление и утверждение технического задания	8	13	10	Руководитель	10	15
Проведение теоретического анализа существующих технических решений	10	15	12	Студент	12	18
Исполнение теоретических расчетов и выводы по ним	18	24	20,4	Студент	20	30
Оценка результатов исследования	6	9	7,2	Руководитель и студент	4	5

Составление пояснительной записки	10	15	12	Руководитель и студент	6	9
-----------------------------------	----	----	----	------------------------	---	---

На основе таблицы 5 строим план график, представленный в таблице 6

Таблица 5 – Календарный план график проведения НИР по теме

№	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дни	Продолжительность выполнения работ										
				Фев.	Март	Апрель	Май							
1	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент	4	■										
2	Постановка цели и задач исследования	Руководитель, студент	4	■										
3	Литературный обзор	Студент	23		■									
4	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	15			■								
5	Проведение теоретического анализа существующих технических решений	Студент	18				■							
6	Исполнение теоретических расчетов и выводы по ним	Студент	30					■						
7	Оценка результатов исследования	Руководитель, студент	5									■		
8	Составление	Руководитель	9										■	



данным, размещенным на сайте Единой информационной системы в сфере закупок.

Величина коэффициента  $k_T$ , отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цена их приобретения зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Материальные затраты, необходимые для данной разработки занесены в таблицу 6.

Таблица 6 – материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, <i>З<sup>н</sup></i> , руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	шт.	200	100	300	0,52	0,52	0,52	104	52	156
Персональный компьютер	шт.	1	1	1	50000	30000	40000	50000	60000	40000
Интернет	Гб	100	100	100	12	12	12	1200	1200	1200
Электроэнергия	КВт	250	200	300	3,5	3,5	3,5	875	700	1050
Транспортные расходы (15%)								7839	8303	7371
Итого:								59143	70255	49777

#### 6.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Сюда включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (программного обеспечения), необходимого для проведения работ по конкретной теме (таблица 19). Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Затраты представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет затрат на оборудование

Наименование	Кол-во	Цена за ед., руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
Пакет офисных программ Microsoft Office 365	1	3290	3290
Программа «Пассат»	1	18000	18000
Итоговая стоимость оборудования			21290

### 6.4.3 Основная заработная плата исполнителей работы

Расчет заработной платы произведен на основе тарифных ставок предприятия, которое занимается проектирование автоматизированных систем управления.

Расчет осуществляется по следующей формуле:  $Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.;

$Z_{\text{дн}}$  - среднедневная заработная плата работника, руб

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником в рабочие дни.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

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

$Z_{\text{дн}}$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дней  $M=11,2$  месяцев, 5 – дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала в рабочие дни.

Месячный должностной оклад работника определяется по формуле:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (k_{\text{р}} + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) + З_{\text{тс}}$$

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

$k_{\text{пр}}$  - премиальный коэффициент ( $k_{\text{пр}} = 0,3$ , т. е 30% от  $З_{\text{тс}}$ );

$k_{\text{д}}$  - коэффициент доплат и надбавок ( $k_{\text{д}} = 0,2$ )

$k_{\text{р}}$  - районный коэффициент (для Томска = 0,3)

Таблица 8 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	$З_{\text{тс}}$ , руб.	$k_{\text{пр}}$ , %	$k_{\text{д}}$ , %	$k_{\text{р}}$ , %	$З_{\text{м}}$ , руб.	$З_{\text{дн}}$ , руб.	$T_{\text{р}}$ , раб. дн.	$З_{\text{осн}}$ , руб.
Руководитель проекта	35000	30	20	30	68400	2862	7	20034
Студент	1400	30	20	30	2730	114	61	6954
Итого, $З_{\text{осн}}$ :								26988

#### 6.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей работы

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.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * З_{\text{осн}}$$

где:  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным – 0,15).

$$З_{\text{доп.рук}} = k_{\text{доп}} * З_{\text{осн}} = 0,15 * 19500 = 2925$$

$$Z_{\text{доп.ст}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} = 0,15 * 7050 = 1057,5$$

руб.;

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{доп.рук}} + Z_{\text{доп.ст}} = 2925 + 1057,5 = 3982,5 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты на дополнительную заработную плату составляют 3982,5 рублей.

#### 6.4.5. Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внед}} = k_{\text{внед}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где  $k_{\text{внед}}$  – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды (0,3)

Отчисления во внебюджетные фонды представим в таблице 10

Таблица 9. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	7050	1057,5
Студент	19500	2925
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого:	9159,75	

#### 6.4.6. Накладные расходы

В статью накладных расходов входят прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов: оплата электроэнергии, печать и ксерокопирование, почтовые расходы и т.д.

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}}$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы равный 0,16.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл1}} &= (59143 + 21290 + 26988 + 3982,5 + \\ &\quad 9159,75) \cdot 0,16 \\ &= 19290,12 \text{ руб.;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл2}} &= (70255 + 21290 + 26988 + 3982,5 + \\ &\quad 9159,75) \cdot 0,16 \\ &= 21068,04 \text{ руб.;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл3}} &= (49777 + 21290 + 26988 + 3982,5 + \\ &\quad 9159,75) \cdot 0,16 \\ &= 17791,56 \text{ руб.} \end{aligned}$$

#### 6.4.7. Формирование бюджета затрат научно–исследовательской работы

Рассчитанная величина затрат на проведение исследовательской работы является основой для формирования бюджета.

Определение бюджета затрат на проведение исследовательской работы приведено в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НТИ	59143	70255	49777	Пункт 3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	21290	21290	21290	Пункт 3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	26988			Пункт 3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	3982,5			Пункт 3.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	9159,75			Пункт 3.5
6. Накладные расходы	19290,12	21068,04	17791,56	16% от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	139853,37	152743,29	128898,81	Сумма ст. 1-6

### 6.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проведения работ

Определение эффективности происходит на основе сравнения значений интегральных финансовых показателей, интегральных показателей ресурсоэффективности и интегрального показателя эффективности разработки, которые получают в ходе оценки бюджета затрат и сравнительной оценки характеристик двух (и более) вариантов разработок.

Ранее было отмечено, что техническое решение является уникальным в своем роде и других разработок по данной проблеме нет. В связи с чем проведение сравнительной оценки значений интегральных финансовых показателей, интегральных показателей ресурсоэффективности и интегрального показателя эффективности разработки не представляется возможным.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают входе оценки бюджета затрат 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

Для 1-го варианта исполнения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}1} = \frac{139853,37}{152743,29} = 0,91$$

Для 2-го варианта исполнения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}2} = \frac{152743,29}{152743,29} = 1$$

Для 3-го варианта исполнения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}3} = \frac{128898,81}{152743,29} = 0,82$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

$b_i$  – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 11 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Критерии				
1. Повышение производительности труда пользователя	0,2	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	4	4
3. Энергоэкономичность	0,15	4	4	4
4. Надёжность	0,20	5	3	3
5. Безопасность	0,15	4	3	3
6. Простота эксплуатации	0,15	4	4	3
Итого	1	4,4	3,45	3,5

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{испi}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{исп1}^{финр}} = \frac{4,4}{0,91} = 4,83;$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{р-исп2}}{I_{исп2}^{финр}} = \frac{3,45}{1} = 3,45;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{р-исп3}}{I_{исп3}^{финр}} = \frac{3,5}{0,82} = 4,27$$

Из расчетов видно, что наиболее целесообразный вариант проекта разработки НТИ произведен в первом исполнении.

Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{срi}$ ):

$$\mathcal{E}_{срi} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Таблица 12 – сравнительная эффективность

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,95	1	0,9
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	3,45	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,83	3,45	4,27
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,13	1,4	0,81

Наиболее эффективным оказалась разработка под исполнением №1. Выводы по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

В ходе проведенного анализа было установлено, что применение метода воздушноплазменного напыления является эффективным способом повышения надежности резервуара. Сравнивая с другими методами, этот подход оказался наиболее конкурентоспособным.

Проект был подвергнут SWOT-анализу, который выявил сильные и слабые стороны, а также потенциальные возможности и угрозы. В итоге анализа можно сделать вывод, что проект обладает перспективами и имеет потенциал для успеха.

Планирование работ позволило определить, что руководителю потребуется 7 дней, а студенту - 61 день для выполнения своих задач. Общая продолжительность проекта составляет 68 дней, учитывая все этапы и работы.

Были построены диаграммы Гантта для каждой выполненной работы. Они показали, что самой длительной задачей является теоретическое исследование темы, которое заняло больше времени, чем другие этапы проекта.

Общий бюджет проекта составил 122515,5 рублей, включая все расходы, такие как заработная плата, материальные затраты, амортизация и внебюджетные отчисления.

										Лист
										84
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

## 7. Социальная ответственность

Социальная ответственность предприятия включает в себя взаимодействие с персоналом, потребителями и партнерами, а также учет социальных последствий деловой деятельности. Это набор обязательств, выполняемых организацией для укрепления общества. Организации несут социальную ответственность перед своими подразделениями, окружающей средой и обществом в целом.

Важно изучить влияние используемого оборудования, сырья, энергии, продукции и рабочих условий на здоровье людей и окружающую среду. Также требуется обеспечить безопасность при работе с оборудованием и знать, как действовать в чрезвычайных ситуациях.

### 7.1 Социальная ответственность

Представлены основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении строительства

Таблица 13. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении строительстве резервуара вертикального стального типа РВС 20000м<sup>3</sup>

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-88.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
<b>Работы при строительстве</b>	<b>Физические</b>		
		<i>Передвижение техники и движущиеся машины</i>	ГОСТ 12.1.003 -74* ССБТ
		<i>Сварочные работы</i>	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ
		<i>Пожарная и взрывная безопасность</i>	ППБ 01-03 ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ ФЗ –от 22.07.2013 г. №123
	<i>Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны</i>		ГОСТ 21.0.003-74 СНиП 2.04.05.86 СанПиН 2.2.4.548-96

<b>резервуара типа РВС 20000м<sup>3</sup></b>	<i>Превышение уровней шума</i>		ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ СНиП II-12-77
	<i>Превышение уровней вибрации</i>		ГОСТ 12.1.012-90 СБТ
	<b>Химические</b>		
	<i>Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны</i>		ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ

### **7.1.1 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

В целях обеспечения безопасности работников разрабатываются мероприятия по снижению уровней воздействия опасных и вредных производственных факторов.

Для обозначения зон с повышенной опасностью, таких как зона работы монтажного крана, используются специальные знаки безопасности в соответствии с ГОСТ 12.4.026-2001.

Вход в эти зоны должен быть запрещен для всех работников, не прямо связанных с выполнением соответствующих работ.

Сварочные кабели и шланги, прокладываемые к рабочим местам, должны быть защищены от возможных повреждений. Для изоляции сварочных проводов рекомендуется использовать специальные средства. Подключение сварочных кабелей к оборудованию должно осуществляться через кабельные наконечники и специальные муфты.

Перед началом работ на объекте необходимо провести вводный инструктаж для всех работников и осуществить первичный инструктаж на рабочем месте с регистрацией соответствующей информации в журнале. Эти меры помогут обеспечить безопасность и соблюдение правил на рабочем месте.

Рабочие допускаются к работе строго по профессиям, им разрешается выполнять только поручаемую работу. Другие работы без инструктажа по новому виду работ производить запрещается.[6]

На рабочей площадке обязательно должны присутствовать аптечки с необходимыми медикаментами для оказания первой помощи. Перед началом работ работники должны проверить исправность инструмента, инвентаря и приспособлений.

Запрещается скапливать строительный мусор и горючие отходы на рабочей площадке. Необходимо организовывать регулярный вывоз мусора.

Обслуживание машин и механизмов должны осуществлять лица, прошедшие обучение и имеющие допуск к работе на данном оборудовании. Рабочие, занимающиеся работой с машинами и механизмами, управляемыми электричеством, должны быть обучены правилам электробезопасности и иметь соответствующую квалификацию.

Машины и механизмы должны использоваться только в соответствии с их назначением, быть в исправном состоянии, иметь инвентарный номер и пройти испытания. Вращающиеся части машин должны быть ограждены, а металлические части машин с электрическим приводом должны быть заземлены.

Средства малой механизации и ручной инструмент должны быть в технически исправном состоянии и использоваться по назначению.

При перемещении машин и транспортных средств на рабочей площадке или по дорогам необходимо соблюдать правила дорожного движения. Транспортировка машин должна проводиться в соответствии с инструкциями завода-изготовителя.

При необходимости доставки насосных агрегатов, дизельных электростанций, резервуаров и другого оборудования на площадку, рекомендуется использовать прицепы-тяжеловозы.

Перед транспортировкой неисправных машин необходимо провести техническое обслуживание с устранением неисправностей и смазыванием сборочных единиц ходового оборудования и органов управления. Техническое состояние и оборудование автомобилей всех типов и марок, находящихся в эксплуатации, должны соответствовать правилам по охране труда на автомобильном транспорте.

Перед транспортировкой машин и транспортных средств через естественные препятствия или искусственные сооружения необходимо обследовать состояние пути движения.

При необходимости путь движения машины, транспортного средства должен быть спланирован и укреплен с учетом требований, указанных в эксплуатационной документации машины, транспортного средства. При передвижении техники, в случаях недостаточной видимости, машинист выполняет маневр с помощью сигнальщика.[8]

### ***Сварочные работы***

Во время сварочных работ следует соблюдать определенные правила и нормы безопасности:

1. При сварке необходимо использовать провода без повреждений изоляции или провода без изоляции. Не рекомендуется использование нестандартных электропредохранителей.
2. Соединение сварочных проводов должно выполняться при помощи опрессовки, сварки, пайки или специальных зажимов.

Провода, подключенные к сварочным аппаратам, распределительным щитам и другому оборудованию, а также провода, прокладываемые на

									Лист
									88
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					

3. местах сварочных работ, должны быть надежно изолированы и защищены от высокой температуры, механических повреждений и химических воздействий.
4. В качестве обратного проводника, соединяющего свариваемое изделие с источником сварочного тока, можно использовать стальные или алюминиевые шины, сварочные плиты, стеллажи и саму свариваемую конструкцию, при условии, что их сечение обеспечивает безопасное протекание тока в условиях нагрева. Использование сетей заземления, зануления или металлических конструкций зданий, коммуникаций и технологического оборудования в качестве обратного проводника не допускается.
5. При проведении электросварочных работ во взрывопожароопасных и пожароопасных зонах обратный проводник от свариваемого изделия до источника тока должен быть выполнен только изолированным проводом, причем качество изоляции должно быть не ниже, чем у прямого проводника, подключенного к электродержателю.
6. Электроды, используемые при сварке, и электродержатели должны быть заводского изготовления и соответствовать номинальному сварочному току.
7. Во время работы электросварочная установка должна быть заземлена. Над переносными и передвижными электросварочными установками, используемыми на открытом воздухе, рекомендуется установить навесы из негорючих материалов для защиты от атмосферных осадков.

При проведении электросварочных работ во взрывопожароопасных зонах рекомендуется использовать источники питания постоянного тока или специальные источники переменного тока, оснащенные импульсными генераторами, которые повышают напряжение между

8. электродом и свариваемым изделием в момент возобновления дуги (источник питания типа "разряд").

Перед включением электросварочной установки следует убедиться, что электрод отсутствует в электродержателе.

### ***Пожарная и взрывная безопасность***

Организация перед началом производством работ, обязана назначить приказом ответственного для осуществления контроля за выполнением требований пожарной безопасности. [9]

Перед началом работ все сотрудники обязаны пройти вводный и целевой инструктаж по пожарной безопасности.

При проведении огневых работ категорически запрещено:

- Начинать работу с неисправной аппаратурой.
- Осуществлять огневые работы на свежеекрашенных горючими красками (лаками) конструкциях и изделиях.
- Использовать одежду и рукавицы, имеющие следы масел или нефти.
- Разрешать самостоятельную работу ученикам и работникам без квалификационного удостоверения и талона по технике пожарной безопасности.
- Допускать контакт электрических проводов с баллонами, содержащими сжатые сжиженные газы.
- Осуществлять огневые работы одновременно с гидроизоляцией и отделкой помещений, используя горючие материалы.
- Применять провода без изоляции или с поврежденной изоляцией.

На месте проведения огневых работ должны быть следующие первичные средства пожаротушения:

									Лист
									90
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					

- 2 шт. войлочная кошма или асбестовое полотно размером 2 х 2 м или 2 х 3 м.
- 1 шт. порошковый огнетушитель ОП-100 и 2 шт. ОП-50.
- 1 шт. штыковая лопата.
- 2 шт. ведро.
- 1 шт. лом.
- 1 шт. топор.

Все указанные средства должны быть окрашены в соответствии с требованиями НПБ-160-97 "Цвета сигнальные. Знаки пожарной безопасности".

Производство работ допускается только после получения удовлетворительного анализа воздушной среды (ПДК - 300 мг/м<sup>3</sup>). Анализ воздушной среды на наличие отравляющих веществ и взрываемость должен проводиться перед началом рабочего дня, не реже одного раза в час, а также после перерывов в работе. Результаты анализов должны фиксироваться в журнале учета данных анализов.

Машины и механизмы, используемые в резервуарном парке, должны иметь исправное электрооборудование, выхлопные трубы, должны быть оборудованы искрогасителями.[9]

### **7.1.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

Рассмотрим вредные производственные факторы, которые действуют или могут воздействовать на организм человека при выполнении строительстве резервуара вертикального стального типа РВС 20000м<sup>3</sup>, а

										Лист
										91
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						

также рассмотрим нормативные значения этих факторов и мероприятия, направленные на снижение или устранение этих факторов. [1]

***Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны.***

В производственных помещениях установлены допустимые параметры микроклимата на рабочих местах, определенные с учетом теплового состояния человека в течение 8-часовой рабочей смены. Эти параметры не должны вызывать повреждений или нарушений здоровья, но могут приводить к общему и местному ощущению теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и снижению работоспособности к концу смены.

Установление допустимых значений показателей микроклимата обусловлено технологическими требованиями, а также техническими и экономическими факторами, которые не позволяют обеспечить оптимальные значения.

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. [3]

Во время работы в различных погодных условиях, от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ , необходимо принимать определенные меры. Работники, выполняющие работы на открытой территории в зимний период, должны быть оснащены специальной теплозащитной одеждой. Кроме того, следует организовать работу таким образом, чтобы рабочие имели возможность периодически укрываться в теплых помещениях.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						92



При эксплуатации машин необходимо принимать меры для снижения вредного воздействия высокого уровня шума на работающих. Для этого применяются следующие технические средства: уменьшение шума на самом источнике его образования, использование технологических процессов, которые не превышают допустимые уровни звукового давления на рабочих местах, и другие подобные меры.

### ***Превышение уровней вибрации***

Вибрация также может превышать допустимые уровни и сопровождать работу стационарных и передвижных машин, механизмов и агрегатов, основанных на вращательном и возвратно-поступательном движении.

Для борьбы с шумом и вибрациями, а также для снижения их вредного воздействия, можно применять следующие подходы:

- Уменьшение шума и вибраций с помощью конструктивных и технологических мероприятий.
- Ограничение распространения шума и вибраций с использованием средств звуко и виброизоляции, а также звуко и вибропоглощения.
- Снижение вредного воздействия шума и вибраций на организм работающего с помощью индивидуальных средств защиты или изменения режимов труда и отдыха.

Применение этих подходов позволяет улучшить условия работы и защитить работающих от негативного воздействия шума и вибраций.

### ***Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны.***

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, а также уровни шума и вибрации на рабочих местах не должны превышать установленных соответствующими государственными стандартами.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						94

№	Вещества	ПДК	Класс опасности	Действие на организм	t <sub>всп</sub>	t <sub>сан</sub>	Предел взрывоопасности, %
1	Диз. топливо	300	4	наркот. удушение	+50-+80	+360 °С	
2	СО	20	4	удушение			
4	Битум	300	4	удушение	+120	+170 °С	
5	Пыль	6	4	раздражение дыхательных путей			
7	Пары нефти	300	4	наркот. удушение	-15	+317 °С	1,8-13

Контроль воздушной среды должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях посредством газоанализатора. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК).

При работе в местах, где концентрация вредных веществ в воздухе может превышать ПДК, работников должны обеспечивать соответствующими противогазами. [4]

При работе с вредными веществами 4-го классов опасности (нефть, бензин, дизельное топливо, этиловый спирт, керосин и т.д.) должно быть обеспечено регулярное обезвреживание и дезодорирование СИЗ.

## 7.2 Экологическая безопасность

Проведение работ по строительству резервуара сопровождается определенным уровнем воздействия на экологию прилегающего района.

Негативному воздействию подвергается:

- воздушный бассейн района расположения объекта;
- подземные и поверхностные воды;
- почвенно-растительный покров.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха является важным показателем негативного воздействия на окружающую среду. В процессе

проведения работ производятся сварочные работы. Сварка производится на открытом воздухе, источник выброса загрязняющих веществ в атмосферу неорганизованный. Основные загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу – компоненты сварочного аэрозоля (железа оксид, марганец и его соединения и т.д.), диоксид азота.

Для проведения строительных работ задействован определенный парк транспортной и строительно-монтажной техники. Основными источниками выделения загрязняющих веществ в атмосферу являются работающие двигатели автотранспорта. Основные загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу – оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, сажа, сернистый ангидрид, углеводороды (бензин, керосин). [13,14]

При строительстве резервуара необходимо учесть вопросы антикоррозионной защиты. Для этой цели используются импортные покрывные материалы с небольшим содержанием летучих компонентов (уайт-спирит). Покраска проводится методом воздушного распыления, что приводит к выделению аэрозолей краски в атмосферу. Распыленная краска подчиняется нормам по взвешенным веществам. Поверхности перед нанесением защитного слоя подвергаются дробеструйной и пескоструйной очистке от ржавчины и окалины. В процессе очистки образуется органическая пыль, содержащая оксид железа, и неорганическая пыль с содержанием двуоксида кремния свыше 70%. Перед началом покрасочных работ поверхности обезжириваются уайт-спиритом.

Все работы выполняются за пределами водоохранных зон. В целях снижения негативного воздействия на окружающую среду, предусмотрены следующие меры по защите водной среды:

- Слив горюче-смазочных материалов осуществляется в специально отведенных местах, оборудованных для этой цели.

•

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						96



3. Предотвращать выбросы вредных газов в атмосферу, а также утечки нефти и других загрязнителей через поверхность почвы или в грунтовые воды.

После завершения строительно-монтажных работ все земли должны быть благоустроены с соблюдением правил пожарной и санитарной безопасности, а также обеспечивать безаварийную эксплуатацию объектов. Это поможет минимизировать воздействие на земельные ресурсы.

Ответственность за сбор, временное хранение, отгрузку и вывоз отходов для утилизации и захоронения во время работ возлагается на подрядную строительную организацию. Отходы строительного производства и твердые бытовые отходы должны быть вывезены на полигон твердых бытовых отходов (ТБО).

Подрядная строительная организация самостоятельно заключает договор на вывоз данных видов отходов с предприятиями, имеющими лицензии на осуществление таких видов деятельности, будь то захоронение или переработка отходов.

На строительной площадке ежедневно накапливается определенное количество промышленных и бытовых отходов. Важным фактором, влияющим на степень воздействия отходов на окружающую природную среду, являются условия их сбора и хранения. Соблюдение требований нормативных документов в области сбора и хранения отходов напрямую влияет на степень воздействия на окружающую среду.

В зависимости от токсикологических и физико-химических характеристик отходов и их компонентов, отходы временно хранятся следующим образом:

1. Остатки и огарки стальных сварочных электродов собираются после каждой рабочей смены и помещаются в закрытую металлическую емкость.

2. Строительные и твердые бытовые отходы временно накапливаются на специальной площадке для отходов. На территории предусмотрены отдельные контейнеры с крышками, установленные на площадках с твердым покрытием.
3. Загрязненный маслами обтирочный материал хранится в закрытой металлической емкости с надписью "ветошь". Контейнер для ветоши должен иметь поддон.

При проведении работ по строительству соблюдаются следующие требования относительно сбора и временного хранения отходов:

Определение сбора и условий временного хранения отходов зависит от их класса опасности и способа последующей передачи. Опасные отходы, подлежащие захоронению на городской свалке, собираются вместе с бытовыми отходами в стандартных металлических контейнерах объемом 1 м<sup>3</sup>.

Для крупнотоннажных отходов, таких как лом черных металлов, а также отходов, которые могут быть использованы как вторичные ресурсы, предусмотрены условия селективного сбора.

Отходы, образующиеся во время строительных работ, в основном являются малоопасными, нелетучими и нерастворимыми в воде. Это позволяет не требовать особых условий для их временного хранения, так как они сразу же вывозятся после образования.

Объем временного хранения отходов на строительной площадке определяется мощностью промежуточного складирования. Демонтированные конструкции (кроме лома черных металлов) хранятся на временной площадке, а их вывоз осуществляется Заказчиком.

За сбор, временное хранение, отгрузку, вывоз отходов и контроль за состоянием окружающей среды во время строительных работ отвечает субподрядная строительная организация.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						99

Вывоз отходов после завершения работ производится транспортом Подрядчика в соответствии с санитарными нормами, правилами и инструкциями по транспортировке отходов. Договоры на вывоз отходов заключаются между службой Подрядчика, предприятиями-переработчиками и администрацией полигона, принимающими отходы на переработку или захоронение. Подрядная строительная организация заключает договоры с организациями, имеющими лицензии на соответствующие виды деятельности.

Транспортировка отходов должна осуществляться таким образом, чтобы исключить возможность их потери, создания аварийных ситуаций и нанесения вреда окружающей среде, здоровью людей, а также хозяйственным и другим объектам.

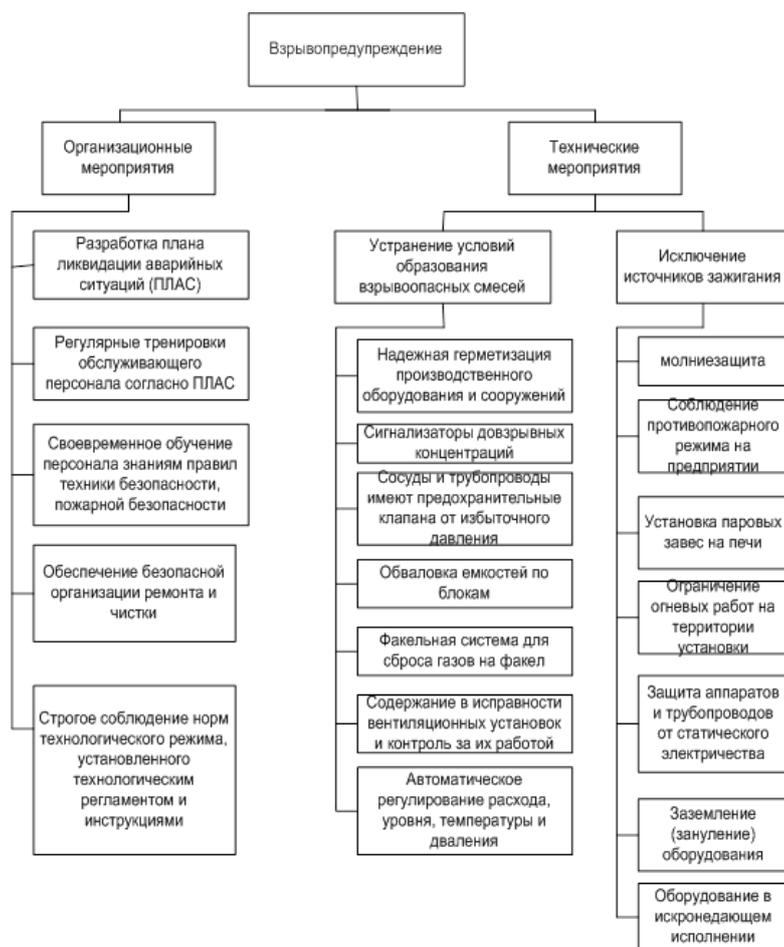
### **7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

#### ***Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях.***

Чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, катастрофы, опасного природного процесса, стихийного бедствия, которая приводит к человеческим жертвам, наносит ущерб здоровью населения и природной среде, а также вызывает значительные материальные потери и нарушение условий жизни людей. [27]

Для данного района характерны чрезвычайные ситуации природного характера: паводковые наводнения; ураганы; сильные морозы (ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ ); метели и снежные заносы и антропогенного характера: пожары; взрывы паровоздушных смесей; отключение электроэнергии, возможные отказы и неисправности на объектах НПЗ.

Таблица 15 действия по предупреждению ЧС



Предупреждение чрезвычайных ситуаций - это комплекс мероприятий, направленных на снижение риска возникновения и ограничение последствий таких ситуаций. Оно включает в себя действия федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организационных структур РСЧС.

Основой предупреждения чрезвычайных ситуаций являются меры, направленные на идентификацию и исключение их причин, а также снижение потерь и ущерба в случае их возникновения.

Предупреждение чрезвычайных ситуаций осуществляется в нескольких направлениях:

1. Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций.

2. Рациональное размещение производственных сил с учетом безопасности окружающей среды.
3. Предотвращение опасных природных явлений и процессов путем снижения их разрушительного потенциала.
4. Повышение технологической безопасности и надежности оборудования для предотвращения аварий и техногенных катастроф.
5. Разработка и реализация инженерно-технических мероприятий для предотвращения чрезвычайных ситуаций и смягчения их последствий.
6. Декларирование промышленной безопасности.
7. Лицензирование деятельности опасных производственных объектов.
8. Страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасных производственных объектов.
9. Государственная экспертиза в области предупреждения чрезвычайных ситуаций.
10. Государственный надзор и контроль за природной и техногенной безопасностью.
11. Информирование населения о потенциальных угрозах на их территории проживания.

Предупреждение чрезвычайных ситуаций имеет целью минимизацию рисков и ограничение последствий возможных чрезвычайных ситуаций для общества, здоровья людей и окружающей среды.

#### **7.4 Правовые организационные вопросы обеспечения безопасности**

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

						<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		102

- 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
- 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»
- ОСТ 51.81.82 ССБТ «Охрана труда в газовой промышленности»
- 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.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата					103

## Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был выполнен литературный обзор по теме, произведен анализ конструктивных особенностей в основании и фундаментах резервуаров, разработано новое конструктивное решения для повышения надежности эксплуатации резервуаров, произведен расчет основных параметров резервуара, толщины стенки и расчет на устойчивость.

										Лист
										104
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата						



