

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 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
Повышение устойчивости резервуара вертикального стального типа РВС-5000 кубических метров на грунтах Ямало-Ненецкого автономного округа

УДК 622.692.23:551.58-021.475.4(571.121)

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б92	Мутовкина Екатерина Дмитриевна		

Руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Чухарева Н.В.	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 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
 _____ Чухарева Н.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Б92	Мутовкина Екатерина Дмитриевна

Тема работы:

Повышение устойчивости резервуара вертикального стального типа РВС-5000 кубических метров на грунтах Ямало-Ненецкого автономного округа	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	09.02.2023 г. № 40-7/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <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</i></p>	<p>Рассмотреть технологию проведения работ по обслуживанию резервуара вертикального стального типа РВС-5000 м³. Класс опасности – III. Хранимый продукт – метанол. Высота стенки – █████ мм. Диаметр – █████ мм. Количество поясов – █. Температура хранения среды – температура окружающей среды (-50 – 15 °С).</p>
--	---

анализ и т. д.).	Металл (кровля, корпус, днище) – 09Г2С-12.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Введение 2. Обзор литературы 3. Характеристика объекта исследования 4. Методы диагностики резервуара 5. Дефекты резервуара вертикального стального 6. Проверочные расчеты и оценка остаточного ресурса 7. Технические мероприятия по повышению устойчивости резервуара 8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 9. Социальная ответственность 10. Заключение
Перечень графического материала	- рисунки - таблицы
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Рыжакина Татьяна Гавриловна Доцент (ОСГН, ШБИП), к.т.н.
«Социальная ответственность»	Гуляев Милий Всеволодович Старший преподаватель ООД ШБИП

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	09.02.2023 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Чухарева Н.В.	к.х.н., доцент		09.02.2023 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б92	Мутовкина Е.Д.		09.02.2023 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Б92	Мутовкина Екатерина Дмитриевна

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделения нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» / «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Тема ВКР:

Повышение устойчивости резервуара вертикального стального типа РВС-5000 кубических метров на грунтах Ямало-Ненецкого автономного округа	
Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>В данном разделе ВКР необходимо представить: график выполнения работ, в соответствии с ВКР; трудоёмкость выполнения операций; нормативно-правовую базу, используемую для расчётов; результаты расчётов затрат на выполняемые работы; оценить эффективность нововведений и др. Раздел ВКР должен включать: методику расчёта показателей; исходные данные для расчёта и их источники; результаты расчётов и их анализ</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	<i>Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе выполнения операций согласно справочникам Единых норм времени (ЕНВ) и др.</i>
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	<i>Отчисления по страховым выплатам в соответствии с Налоговым кодексом РФ (НК РФ-15) от 16.06.98, а также Трудовым кодексом РФ от 21.12.2011г. Ставка налога на прибыль 20 %; Налог на добавленную стоимость 20%; Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30%.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	<i>Расчет затрат и финансового результата реализации проекта.</i>
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	<i>График выполнения работ.</i>
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	<i>Расчет экономической эффективности проведения капитального ремонта</i>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	03.02.2023

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Т.Г.	к.э.н., доцент		03.02.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б92	Мутовкина Е.Д.		03.02.2023

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 2Б92		ФИО Мутовкина Екатерина Дмитриевна	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 Нефтегазовое дело / «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Тема ВКР:

Повышение устойчивости резервуара вертикального стального типа РВС-5000 кубических метров на грунтах Ямало-Ненецкого автономного округа	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <p>– <i>характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</i></p>	<p>Объект исследования: резервуар вертикальный стальной типа РВС-5000 кубических метров Область применения: резервуарный парк Рабочие процессы, связанные с объектом исследования: объект предназначен для приема, хранения, учета и отпуска нефтепродуктов.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>– <i>специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</i></p> <p>– <i>организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</i></p>	<p>"Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023); "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 29.12.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.03.2023); СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение»; ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»; ГН 2.2.5.3532–18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»; ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»; ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности»; ОНД-90 «Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы. Части 1 и 2»; Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов 116-ФЗ от 21.07.1997 г. с изменениями от 7.08.2000 г.»; СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования ГОСТ 12.2.003 - 91 ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности.</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p>	<p>Вредные факторы:</p> <p>- Чрезмерное загрязнение воздушной среды - Отсутствие или недостаток необходимого искусственного</p>

<ul style="list-style-type: none"> – анализ потенциально вредных и опасных производственных факторов; – обоснование мероприятий по снижению воздействий опасных и вредных производственных факторов. 	<p>освещения</p> <ul style="list-style-type: none"> - Повышенный уровень шума - Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении рабочего <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Пожаровзрывоопасность - Чрезмерно высокая температура материальных объектов производственной среды - Движущиеся машины и механизмы - Повышенное образование электрических зарядов
<p>3. Экологическая безопасность</p>	<p>Процесс эксплуатации и обслуживания резервуаров сопровождается:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Загрязнением атмосферы выхлопами от машин; - Загрязнением и повреждением почвенно-растительного покрова производственными отходами; - Загрязнением поверхностных водных источников и подземных вод.
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</p>	<p>Возможные ЧС: ЧС техногенного характера. Наиболее типичная ЧС: взрыв с пожаром в резервуаре.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику 09.02.2023</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович			09.02.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б92	Мутовкина Екатерина Дмитриевна		09.02.2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа: Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки: 21.03.01 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: _____

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
07.02.2023	<i>Введение</i>	5
28.02.2023	<i>Обзор литературы</i>	10
15.03.2023	<i>Характеристика объекта исследования</i>	10
27.03.2023	<i>Методы диагностики резервуара</i>	10
07.04.2023	<i>Дефекты резервуара вертикального стального</i>	5
14.04.2023	<i>Проверочные расчеты и оценка остаточного ресурса</i>	15
05.05.2023	<i>Технические мероприятия по повышению устойчивости резервуара</i>	10
15.05.2023	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
25.05.2023	<i>Социальная ответственность</i>	10
04.06.2023	<i>Заключение</i>	5
10.06.2023	<i>Презентация</i>	10
	<i>Итого</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Чухарева Н.В.	к.х.н., доцент		09.02.2023

Согласовано:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Чухарева Н.В.	к.х.н., доцент		09.02.2023

Реферат

Выпускная аттестационная работа 113 с., 17 рис., 24 табл., 34 формулы, 58 источников, 1 прил.

Ключевые слова: резервуар, эксплуатация, обслуживание, фундамент.

Объектом исследования является резервуар вертикальный стальной типа РВС-5000 м³.

Цель работы - разработка технического решения по обеспечению устойчивости резервуара вертикального стального объемом 5000 м³ и продлению его эксплуатационного ресурса.

В процессе исследования были рассмотрены методы технического диагностирования резервуара, проведен анализ выявленных дефектов и отклонений, произведены проверочные расчеты на прочность и устойчивость стенки резервуара.

В результате исследования были выявлены основные причины разрушения резервуаров, а также выявлены особенности эксплуатации резервуаров в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов. Было разработано техническое решение по продлению срока эксплуатации резервуара и была подтверждена возможность внедрения данного решения с помощью расчетов нагрузок на основание.

Область применения: эксплуатация и обслуживание резервуарных парков.

Экономическая эффективность: проведение ремонта продлевает срок службы резервуара, что способствует увеличению его надежности.

					Повышение устойчивости резервуара вертикального стального типа РВС-5000 кубических метров на грунтах Ямало-Ненецкого автономного округа			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Мутовкина Е.Д.			Реферат	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					11	113
<i>Рук. ООП</i>		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		

Определения, обозначения и сокращения

Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Дефект: каждое отдельное несоответствие параметров (характеристик) резервуара или его элемента требованиям нормативно-технической документации.

Класс опасности резервуара: степень опасности (риска), возникающая при достижении предельного состояния резервуара, для здоровья и жизни граждан, имущества физических или юридических лиц, экологической безопасности окружающей среды.

Несущая способность: свойство конструкции резервуара или её элемента воспринимать, не разрушаясь, различные виды нагрузок и воздействий.

Окрайка: часть днища резервуара, на которую опирается стенка, состоящая из краевых листов увеличенной толщины в сравнении с центральной частью, и сваренных встык.

Основание резервуара: грунтовая подушка, на которую устанавливается резервуар (искусственная часть основания) и грунтовый массив (естественная часть основания), деформации которых учитываются при вычислении осадок и вертикальных коэффициентов жёсткости основания.

Резервуар: сооружение, предназначенное для приема, накопления и сдачи нефти/нефтепродуктов.

Техническое диагностирование (обследование): комплекс работ по определению технического состояния резервуара.

					Повышение устойчивости резервуара вертикального стального типа РВС-5000 кубических метров на грунтах Ямало-Ненецкого автономного округа			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Мутовкина Е.Д.			Определения, обозначения и сокращения	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					12	113
<i>Рук. ООП</i>		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		
<i>ООП</i>								

Техническое состояние: состояние оборудования и конструкций резервуара, которое характеризует их соответствие проекту, технической документации, регламентам, нормам и правилам.

Устойчивость положения резервуара: Способность конструкции и её элементов противостоять усилиям, стремящимся вывести его из исходного состояния статического равновесия.

Сокращения:

АЭК – акустико-эмиссионный контроль;

ВИК – визуальный и измерительный контроль;

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота;

МПК – магнитопорошковая дефектоскопия;

ПВК – контроль проникающими веществами;

ПРУ – приемо-раздаточное устройство;

РВС – резервуар вертикальный стальной;

РВСП – резервуар вертикальный стальной со стационарной крышей и понтоном;

РВСПК – резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей;

РГС – резервуар горизонтальный стальной;

РП – руководящий план;

ТО – техническое обслуживание;

ТР – текущий ремонт;

УЗК – ультразвуковой контроль;

УЗТ – ультразвуковая толщинометрия;

УКПГ – установка комплексной подготовки газа;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

					Определения, обозначения и сокращения	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

6.2.2 Анализ опасных производственных факторов мероприятия по их устранению	95
6.3 Экологическая безопасность	98
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	101
Заключение	104
Список используемых источников	106
Приложение А	113

					Содержание	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Введение

В настоящее время нефтегазовая промышленность занимает важное место в экономике России и является одной из ключевых отраслей нашей страны. За 2022 год доля нефтегазового сектора во внутреннем валовом продукте РФ составила 18,1 % [1].

Кроме того, что углеводороды необходимо добыть, следующим этапам является переработка и транспортировка ресурсов от поставщика к потребителю. Учитывая объем добываемых ресурсов, на указанных этапах необходимо предусмотреть возможность для приема и хранения углеводородов до наступления момента потребности в ресурсе для того или иного технологического процесса. Для данной цели проектируются и возводятся специальные строительные сооружения, которые обеспечат целесообразное выполнение процессов приема, учета, хранения и выдачи нефти, газа и нефтепродуктов. Такими объектами являются резервуары разного типа и назначения.

Специфика хранимого продукта, заключающаяся в токсичных свойствах и хорошей испаряемости, предполагает его опасность по причине возможности взрывов и возгорания, а также отравляющего воздействия на окружающую среду. Из чего следует, что резервуары являются объектами повышенной опасности из-за большого объема хранящегося в них продукта с перечисленными потенциально опасными особенностями. Учитывая данный факт, необходимо создать условия для безопасной эксплуатации объектов хранения углеводородов для предотвращения возможности аварий, последствиями которых является нанесение вреда как экономике, так и экологии. Все это может непосредственно влиять на качество жизни населения как отдельного региона распространения аварии, так и на население целой

					Повышение устойчивости резервуара вертикального стального типа РВС-5000 кубических метров на грунтах Ямало-Ненецкого автономного округа			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Мутовкина Е.Д.			Введение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					16	113
<i>Рук. ООП</i>		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		

страны или целой планеты.

Безопасная эксплуатация резервуаров осложняется не только взрывопожароопасными свойствами углеводородов, но и природно-климатическими условиями региона, в котором происходит добыча. Другими словами, на сегодняшний день главным регионом добычи энергетических ресурсов является Западная Сибирь, а перспективным направлением разработки месторождений является Арктика. Влажный и континентальный климат, заболоченные территории и территории распространения почв вечной мерзлоты являются осложняющими факторами безопасной эксплуатации объектов нефтегазового комплекса. Начальные условия, которые учитывались при проектировании и строительстве объектов добычи, транспорта и хранения энергетических ресурсов, меняются под воздействием экологических проблем, затрагивающих всю планету и принимающих все большие масштабы. В частности, с каждым днем влияние глобального потепления увеличивается, что имеет такие последствия, как таяние вечной мерзлоты. Кроме того, отмечается высокий износ состояния резервуаров и резервуарных парков России.

Для того, чтобы не допустить чрезвычайных ситуаций, за объектами хранения нефти и газа необходимо установить контроль. Контроль выражается в диагностировании технического состояния резервуаров и в своевременном принятии мер по обеспечению его безопасной эксплуатации. Учитывая развивающиеся глобальные проблемы экологии, необходимость в обеспечивании должным образом контроля за состоянием объектов хранения возрастает. Все это объясняет **актуальность** темы исследования.

Целью работы является разработка технического решения по обеспечению устойчивости резервуара вертикального стального объемом 5000 м³ и продлению его эксплуатационного ресурса.

Для реализации поставленной цели необходимо выполнить следующие **задачи**:

1. Рассмотреть причины нарушения целостности резервуаров в

					Введение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

процессе их эксплуатации;

2. Провести анализ технического состояния объекта исследования;
3. Проанализировать возможные способы продления эксплуатационного ресурса объекта;
4. Разработать технические решения по обеспечению устойчивости объекта исследования.

Объект исследования: резервуар вертикальный стальной типа РВС-5000 кубических метров.

Предмет исследования: технологии обеспечения устойчивости резервуара.

					Введение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

1 Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов

1.1 Назначение и разновидности резервуаров

Резервуары представляют собой объекты для приема, хранения, в некоторых случаях измерения объема, а также сдачи нефти и нефтепродуктов. В связи со спецификой хранимого продукта, резервуары являются объектами особо опасными.

По материалу, из которого емкость изготовлена, резервуары классифицируются на металлические, неметаллические, примерами которых являются резинотканевые и стеклопластиковые емкости, также отдельно выделяют железобетонные резервуары и резервуары, основанные в пустотах природного происхождения, например, земляные.

По форме резервуары для нефти и нефтепродуктов конструируют следующие: цилиндрической формы, сферической и каплевидной. Первый вариант является наиболее распространенный при строительстве, так как обладает несложной конструкцией, из чего вытекает еще одно преимущество, заключающееся в более простом обслуживании. Данный тип резервуаров имеет довольно широкую область применения, в отличие от второго типа конструкции, используемый в основном для сжиженных и сжатых газов и легковоспламеняющихся жидкостей. К преимуществам правильной геометрической формы шаровых резервуаров относят равномерное распределение напряжений, что позволяет уменьшить расход материала для монтажа. Однако, специфичность формы шара предполагает установку опоры и в целом монтаж данного резервуара предполагает работы более сложного уровня. Последний тип резервуаров каплевидной формы хорошо применим

					Повышение устойчивости резервуара вертикального стального типа РВС-5000 кубических метров на грунтах Ямало-Ненецкого автономного округа			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Мутовкина Е.Д.			Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					19	113
<i>Рук. ООП</i>		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		

для хранения нефтепродуктов под высоким избыточным давлением, что помогает снизить потери от «малых» и «больших» дыханий. В виду невыгодности строительства, резервуары каплевидной формы не получили на данный момент такого широкого применения, как цилиндрические емкости.

По расположению резервуары можно разделить на наземные, подземные, полуподземные. Отдельно необходимо выделить сравнительно недавнее появление подводных резервуаров. Наземными резервуарами являются те, что находятся на поверхности грунта или над ней. В районах вечной мерзлоты данные емкости располагают на свайных опорах. Подземные емкости подходят для более длительного хранения нефти и нефтепродуктов с экономией свободного пространства на объекте. К подземным резервуарам относят те, в которых максимальный уровень нефти или нефтепродуктов ниже уровня грунта на 20 сантиметров и более. Соответственно, к полуподземным относят те резервуары, в которых расстояние между уровнем максимального наполнения хранимого продукта и уровнем грунта меньше 20 сантиметров.

Также резервуары можно поделить по давлению на резервуары низкого, повышенного давления и без давления. По оперативному использованию резервуары классифицируются на те, что используются для непрерывных операций, для длительного хранения, для смешивания и для отстоя. Также по выполняемым резервуаром задачам выделяются сырьевые, технологические и товарные резервуары. К сырьевым относят емкости, в которых хранится сырая нефть, то есть нефть, которая была доставлена непосредственно со скважины, соответственно, хранимый продукт имеет наиболее агрессивные характеристики. В товарных резервуарах хранится готовый к дальнейшему распределению продукт, то есть подготовленная путем очищения, обессоливания и обезвоживания нефть, либо конечные продукты нефтепереработки.

Одной из основных классификаций является разделение по классу опасности [2]. К IV классу относятся резервуары с объемом хранимого продукта менее 1000 м³. К III классу – от 1000 до 20000 м³. II класс

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

подразумевает резервуары, с объемом продукта от 20000 и до 50000 м³, соответственно, выше данного объема резервуары относят к I классу.

Переходя к более детальной классификации, необходимо указать разделение резервуаров цилиндрических по положению в пространстве на горизонтальные (РГС) и вертикальные (РВС). В свою очередь, вертикальные цилиндрические резервуары могут быть со стационарной крышей (РВС), а также со стационарной крышей и понтоном (РВСП) и с плавающей крышей (РВСПК) для уменьшения потерь продукта при испарении [3].

1.2 Оборудование резервуаров

Оборудование, которым оснащаются резервуары вертикальные, должно обеспечивать возможность выполнения технологических операций во время эксплуатации резервуара, обеспечивать безопасность данных операций, по возможности, создавая условия для более экономичной работы, а также обеспечивать возможность для технического обслуживания и контроля за состоянием резервуара.

Одним из основных оборудований резервуара являются приемо-раздаточные патрубки, которые служат для приема и откачки продукта. Кроме того, предназначены для присоединения запорной арматуры и другого оборудования, например, хлопушка с внутренней стороны резервуара. Таким образом приемо-раздаточное устройство присоединяется к патрубку с внутренней стороны резервуара для регулирования процессов закачки и откачки. Данное оборудование является аналогом хлопушки, выполняя, помимо функции хлопушки – перекрытие приемо-раздаточного патрубка в случае неисправности задвижки или трубопровода, размывание донных отложений при закачке и к тому же увеличивая полезную емкость резервуара. ПРУ имеет местное или дистанционное управление [5].

Для мониторинга параметров хранимого продукта необходимо установить устройства для отбора проб и датчики для измерения температуры. Пробоотборники должны обеспечить отбор проб двух видов: точечную, то

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

есть с какого-то определенного уровня, и объединенную – средний показатель по всей высоте продукта. Для контроля степени заполнения резервуара необходимо установить приборы для местного или дистанционного измерения уровня – уровнемеры, а также автоматические сигнализаторы о предельных нижних и верхних уровнях. Кроме этого, резервуары должны быть оснащены замерными люками для возможности ручного отбора пробы и ручного замера уровня нефти или нефтепродукта.

При хранении нефти и нефтепродуктов происходит отстаивание, результатом которого является отделение воды и ее скапливание на дне резервуара как более плотной среды. Вода является подтоварной, загрязненной нефтепродуктами, но ее удаление является необходимым для повышения качества хранимого продукта. Для данной цели устанавливается сифонный кран, с помощью которого вода собирается и удаляется из резервуара.

На дне, помимо отделяющейся подтоварной воды, может образовываться осадок, другими словами, донные отложения, состоящие из асфальтенов, смол, парафинов, механических примесей, минеральных солей и другое. Поэтому в резервуарах устанавливается система размыва донных отложений, которая может состоять из размывающих головок, винтовых перемешивающих устройств. Распространены такие винтовые устройства, как «Диоген» и «Тайфун».

Если нефть или нефтепродукты, хранимые в резервуаре, имеют высокую вязкость, то должно быть предусмотрено изоляционное покрытие емкости, а также средства подогрева продукта.

Вентилирование резервуаров при их эксплуатации (нормальное и аварийное) является важным процессом, так как обеспечивает постоянство заданных значений давления, чтобы не произошло схлопывания резервуара при уменьшении давления газового пространства или наоборот разрыва резервуара при его увеличении. Давление газового пространства может меняться в процессе закачки-откачки, из-за суточного колебания температур

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

и в связи с испарением хранимого продукта. Для резервуаров, эксплуатируемых при избыточном давлении, то есть резервуаров со стационарной крышей и без понтона, предусматривается дыхательный клапан. Принцип действия заключается в том, что при снижении давления ниже расчетных значений, затвор клапан открывается, а при достижении необходимых значений, затвор закрывается. При неисправности дыхательного клапана или его недостаточной пропускной способности в работу включается предохранительный клапан. Нередко, это устанавливаемый клапан того же вида, что и дыхательный, но в качестве запасного устройства. Кроме того, устанавливается аварийный клапан, который срабатывает для аварийного сброса давления в случае быстрого нагрева хранимого продукта по причине пожара вблизи резервуара, а также в случае отказа выше указанного дыхательного оборудования. На резервуарах с понтонами или атмосферных резервуарах, то есть в которых нет избыточного давления, так как продукт хранится при максимальном заполнении емкости, в качестве дыхательного оборудования предусматриваются вентиляционные патрубки. Патрубок выполняет функцию постоянного сообщения газового пространства резервуара с атмосферой. Помимо всего этого, чтобы следить за давлением газового пространства, устанавливаются датчики давления.

Основными люками, устанавливаемыми на резервуарах, являются: световой, смотровой, люк-лаз и замерный, о котором выше уже было упомянуто. Световой люк необходим для освещения, проветривания и осмотра внутреннего пространства резервуара во время проведения технического обслуживания или ремонта резервуара. Смотровой люк устанавливается в верхней части резервуара типа РВСП и РВСПК для визуального контроля герметичности конструкции. Люк-лаз выполняет функцию входа в резервуар или выхода на понтон или плавающую крышу для обслуживающего персонала, кроме того, применяется для проветривания.

Одной из самых важных систем, обеспечивающих безопасность эксплуатации резервуаров с нефтью и нефтепродуктами, является

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

противопожарная система. В первую очередь, устанавливаются огневой предохранитель либо в корпус дыхательных и предохранительных клапанов, либо между клапаном и монтажным патрубком. Задача данного устройства в том, чтобы не допустить попадание огня и искры внутрь резервуара. Принцип действия заключается в том, что искра проходит через сечения малого диаметра, соприкасаясь внутри с металлом, который обладает высокой теплопроводностью, в конце концов, искра затухает, отдав часть тепловой энергии. Система пожаротушения включает в себя систему пенного тушения и систему водяного охлаждения. Установка пенного тушения состоит из пеногенераторов, пенокамер и системы подачи пены на слой или под слой горящего в резервуаре продукта. Система водяного охлаждения, в состав которой входит кольцо орошения и трубопроводы, соединяющиеся с противопожарным водопроводом, предназначена для предохранения резервуара от нагревания при возгорании соседнего объекта.

Ко всему прочему, система защиты резервуара включает в себя систему молниезащиты и защиты от статического электричества. Молниеотводы, расположенные либо отдельно, либо на самом объекте, защищают резервуар от прямых ударов молнии. Нижний пояс резервуара необходимо присоединить с помощью токоотводов к заземлителям.

Не стоит забывать о системе защиты резервуаров от коррозии. Внутри и снаружи резервуара наносят антикоррозийное покрытие. Днище защищают от почвенной коррозии с помощью гидроизолирующего слоя, а также резервуар защищают электрохимической защитой благодаря установки протекторов. Принцип действия протекторной защиты состоит в том, что металл резервуара становится катодом, так как подключается протектор с более электроотрицательным металлом, в связи с чем реакции окисления проходят на протекторе, являющимся в данном процессе анодом. Данный метод также называется катодной защитой и является активным способ борьбы с коррозией, лакокрасочные и антикоррозийные покрытия, в свою очередь, являются пассивным способом защиты.

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

1.3 Проблемы, связанные с нарушением целостности резервуаров в процессе их эксплуатации

Технологии и методы строительства, технического обслуживания и ремонта резервуаров постоянно развиваются, чтобы обеспечивать безопасную эксплуатацию указанных объектов. Несмотря на это, данные объекты продолжают быть особо опасными в связи с высокой пожаровзрывоопасностью хранимого продукта, значительными размерами сооружений, а также в связи с тем, что большое количество резервуаров выработало свой эксплуатационный ресурс.

В процессе их эксплуатации появляются те или иные дефекты. Это обусловлено ошибками на стадии проектирования и монтажа наряду с внешними условиями, влияющими на износ емкостей. К числу таких факторов можно отнести малоцикловую усталость по причине заполнения-опустошения резервуаров, изменение прочностных характеристик конструктивных элементов с течением времени, коррозионно-агрессивную среду нефти и нефтепродуктов и концентрация напряжений в определенных зонах. Кроме всего этого, влияние оказывают условия окружающей среды, то есть сезонные изменения, проявляющиеся в изменениях температуры воздуха, значения которой могут быть экстремальными, независимо от знака, и температуры грунта, водонасыщенность грунта, сейсмическая активность конкретных регионов, сезонные паводки, влажность воздуха и другое [6].

Можно встретить разные дефекты: дефекты сварного шва в виде угловатости сварного шва, трещин, непроваров, деформация геометрической формы резервуара в виде хлопунгов, вмятин, выпучин, коррозионные повреждения, осадка, отклонения от вертикали и другое. Профессор Галеев В.Б. предложил следующую классификацию дефектов резервуаров [7].

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

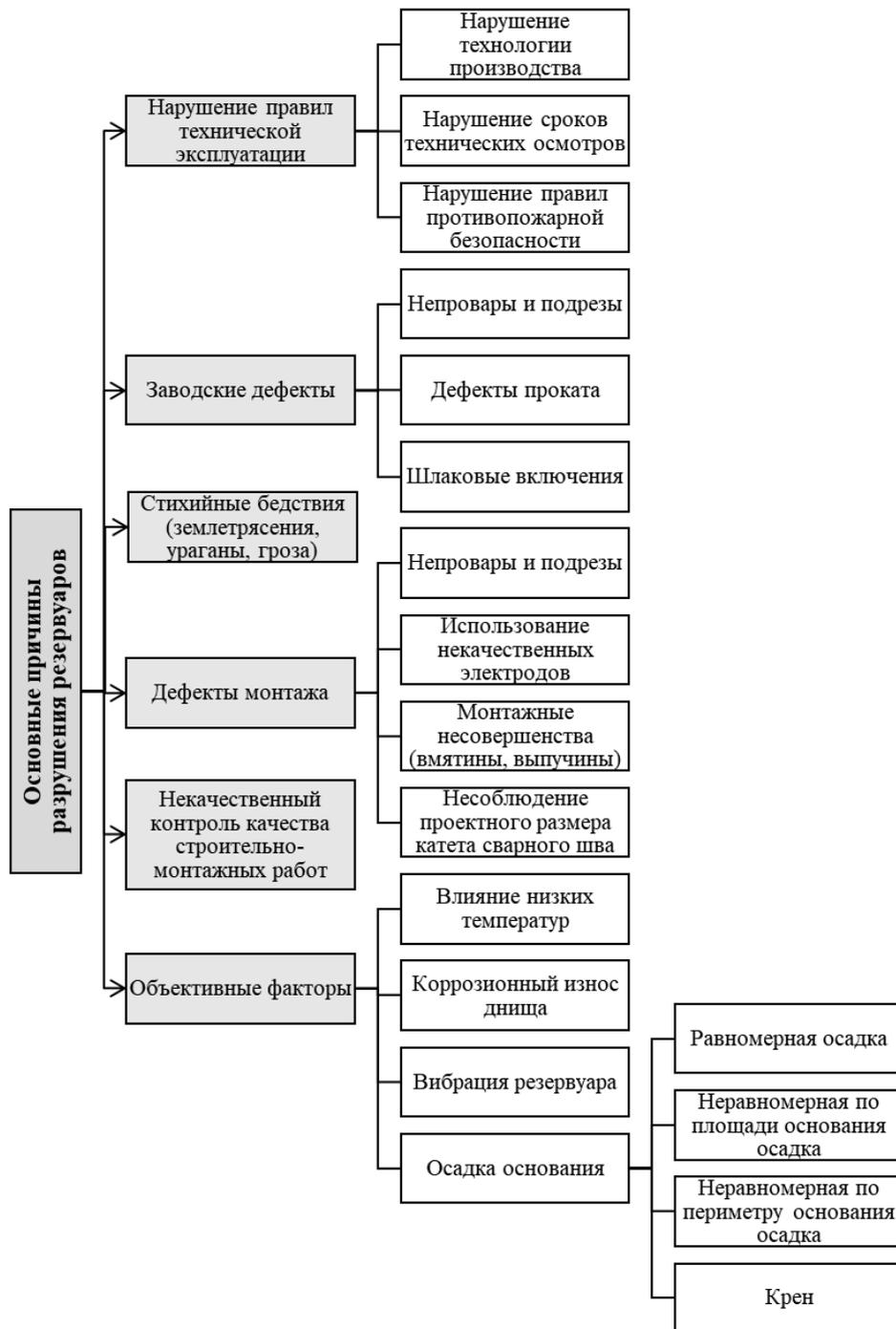


Рисунок 1 – Основные причины разрушения резервуаров

Анализируя аварии, представленные Ростехнадзором [8], за 2018-2022 года на резервуарах и резервуарных парках, можно выделить одну из главных причин разрушения сооружений – человеческий фактор. Если говорить конкретнее, большую долю аварий приходится на несоблюдение правил пожарной и промышленной безопасности, в основном ошибки состояли в том, что использовалось электрооборудования не во взрывозащищенном

исполнении. Выводов можно сделать из этого несколько. Во-первых, человеческая невнимательность и безрассудство лидирует по экономическим потерям и потерям человеческих жизней, не говоря уже об экологическом ущербе. Это объясняется тем, что при невыполнении техник безопасности и при использовании, например, неразрешенного электрооборудования, авария развивается стремительными темпами, можно сказать, мгновенно. Искра в паре с легковоспламеняющейся жидкостью образуют неконтролируемый взрыв и в последствии пожар. Таким образом, опасность не соблюдения правил объясняется двумя факторами: последствия неосторожности работника проявляются незамедлительно, при этом их невозможно контролировать в моменте. Во-вторых, наблюдаем, что основными дефектами, приводящими к аварии, являются осадка основания, дефект сварочного шва и коррозионное разрушение.

Аварии 2018-2022



Рисунок 2 – Причины аварий за 2018-2022 года

Однако, данные, представленные Ростехнадзором, являются довольно скудными, то есть либо дефекты резервуаров выявляются на этапе технического обслуживания и исправляются надлежащим способом, не доводя до критической обстановки, либо не все возникающие аварийные ситуации на объектах доводятся до федерального органа, другими словами, скрываются внутри компаний.

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

1.3.1 Осадка резервуара

Осадками основания называют изменение вертикальных координат поверхности основания резервуара. К причинам осадки можно отнести следующие факторы: слабонесущие и обводненные грунты, изменение несущей способности грунтов по причине сезонного водонасыщения или влияния температуры, например, феномен морозного пучения или оттаивание вечномёрзлого грунта. Еще одной причиной является деформация грунта под давлением веса конструкции резервуара с хранимым продуктом в течение долгого времени. Помимо этого, возможны ошибки в конструировании и создании фундамента и грунтовой подушки, а также локальные неоднородности грунта. Стоит не забывать, что в течение эксплуатации резервуаров существует вероятность разрушения бетона фундамента под влиянием перепада температур и под влиянием ливневых вод от сильных дождей и таянья снега или льдов.

Осадка основания резервуаров по классификации Галеева (рисунок 1), упомянутой в предыдущей главе, распределяется на равномерную, неравномерную по площади основания, неравномерную по периметру и крен.

Равномерная осадка является относительно безопасной при небольших значениях, так как все точки основания опускаются на равные значения глубины. Осадка ведет к появлению напряжений в местах врезки патрубков в стенке резервуара. Проблема решается созданием возможности подвижности технологического оборудования резервуара и трубопроводов, присоединяемых к патрубкам. Равномерная осадка активно проявляется при гидроиспытаниях конструкции и в первое время эксплуатации резервуара в связи с уплотнением грунтовой подушки после строительства. Этот момент должен быть предусмотрен в нормативно-технической документации при проектировании резервуара.

Крен проявляет в том, что при изменении резервуаром вертикального положения, появляется угол между плоскость основания и горизонтальной плоскостью. Последствия наклона резервуара проявляются в изменении

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

уровня жидкости, что увеличивает кольцевые напряжения корпуса резервуара, также значительный уклон может стать проблемой для перемещения понтона или плавающей крыши. Вместе с тем, нельзя забывать, что зоны врезки патрубков будут являться местом скопления напряжения.

Самой опасной осадкой считается неравномерная, приводящая к появлению впадин и хлопунгов днища [10]. Неравномерная осадка характерна для Западной Сибири в связи с наличием в данном регионе слабонесущих и водонасыщенных грунтов. Как указывается автором в своем исследовании [11] в регионах, где нефтебазы построены на вечномёрзлом грунте, замечены значительные, выходящие за нормы, неравномерные осадки. Это объясняет тот факт, что главной зоной разрушения в конструкции резервуара в данном регионе является соединение днища со стенкой, другими словами, уторный шов.

Так или иначе, осадка основания резервуара приводит к появлению других дефектов: к трещинам, разрывам в связи с накоплением напряжений в деформированных конструкциях, к потере устойчивости резервуара.

1.4 Последствия при разрушении резервуаров

В данных, предоставленных Ростехнадзором [8], присутствует четкая структура, по которой описаны аварии на объектах нефтегазового комплекса. В графе последствий указываются три пункта: пострадавшие, экономический ущерб и разрушенные и поврежденные сооружения. Таким образом, фиксируется главный ущерб для организации, который выражен в потере человеческих, финансовых и производственных ресурсов.

Далее приведем примеры аварий, их причины и последствия.

Таблица 1 – Примеры аварий на резервуарах [8]

Дата	Наименование организации	Краткое описание аварии и ее причины	Последствия аварии
17.08.2021	ООО «Яргео»	При производстве работ произошло воспламенение паровоздушной смеси и нефтепродукта внутри резервуара РВС-10000 с последующей его	1. Пострадало 5 человек, 3 из них погибли.

Продолжение таблицы 1

		<p>разгерметизацией и кратковременным внутренним горением.</p> <p>Причины:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Воспламенение паровоздушной смеси и нефтепродукта внутри РВС-10000, произошедшее от искр механического происхождения; 2. Взрывоопасная паровоздушная смесь выделилась из не извлеченных отходов производства работ в процессе зачистки резервуара; 3. Нарушено требование о проведении анализа воздушной среды перед допуском лиц в замкнутое пространство для выполнения работ; 4. Не получено техническое условие на технологическое присоединение своего электротехнического оборудования, производственных и бытовых помещений к электрическим сетям. 	<ol style="list-style-type: none"> 2. Повреждение резервуара нефти РВС-10000. 3. Материальный ущерб: 377 325 712,36 руб.
13.03.2020	КГУП «Примтеплоэнерго»	<p>При хранении мазута, произошел неконтролируемый выброс нефтепродукта из резервуара за пределы обвалования резервуарного парка.</p> <p>Причины:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Превышение величины давления греющего пара, подаваемого в подогреватель резервуара, на поверхности нагрева которого был создан тепловой потенциал, достаточный для интенсивного кипения и парообразования в слое подтоварной воды, послуживший мгновенному (лавинообразному) вытеснению мазута из резервуара. 2. Отсутствие проектных и технических решений по безопасной эксплуатации РВС (в частности отсутствие стационарных контрольно-измерительных приборов для замера температуры мазута и его уровня в РВС; отсутствие дренажной системы, включая устройство для удаления подтоварной воды). 3. Неудовлетворительное осуществление производственного контроля. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повреждено оборудование, технические устройства; 2. Пострадавших нет; 3. Экономический ущерб составил 1,463 млн. рублей.
29.05.2020	ПАО ГМК «Норильский Никель»	<p>Произошла разгерметизация вертикального цилиндрического стального резервуара для хранения нефтепродуктов, с последующим истечением дизельного топлива за пределы обвалования резервуарного</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разрушен резервуар, технические устройства, здания и сооружения.

Продолжение таблицы 1

		парка. Причины: 1. Недостаточная несущая способность плитного ростверка основания и железобетонных свай, что вызвало превышение допустимых усилий с последующим цепным разрушением свай-стоек, расположенных по контуру и внутри свайного пространства, а также разрушение монолитного железобетонного основания и его просадку до 1,5 м под днищем резервуара. 2. Недостатки проектирования при конструировании железобетонного свайного основания.	2. Пострадавших нет. 3. Экономический ущерб от аварии составил 4702,171 млн. рублей.
--	--	--	---

Таким образом, наблюдаем, что потери для компаний всегда значительны при авариях. Тем не менее, вред наносится не только организации, но и окружающей среде и населению. Обозначенный выше ущерб также должна возместить компания, на объекте которой произошла чрезвычайная ситуация. При этом в отчетах Ростехнадзора в пункте экономических потерь данный показатель не учитывается. В зависимости от масштаба аварии, ущерб может быть как регионального, так и международного уровня. Высокий уровень риска при аварийных ситуациях при эксплуатации резервуаров объясняется тем, что, во-первых, объем хранящегося потенциально опасного для человека и экосистемы продукта довольно большой, а во-вторых, происходит образование паров взрывопожароопасной среды.

Далее представлена обобщенная схема основных возможных вариантов развития аварийной ситуации.

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31



Рисунок 3 – Возможные варианты развития аварий на резервуаре

Если анализировать развитие аварий, первым в цепочке, указанной на схеме (рисунок 3), что наносит вред окружающей среде, является разлив нефти и нефтепродуктов. Кроме этого, разлив продукта является главной проблемой при аварии. Первое, что загрязняется при разливе – это почва. В процессе загрязнения нарушаются физико-химические характеристики почвы. Нефть и нефтепродукты оседают в грунте, а процессы выветривания замедляются в связи с малым доступом кислорода. Проявляется негативное воздействие на почвенные бактерии и микроорганизмы, растения, животных и птиц, обитающих на данных территориях. Далее, при нахождении рядом с ареалом первоначального загрязнения водоемов, нефть и нефтепродукты попадают в водное пространство, от чего распространение загрязнения увеличивается по скорости и по масштабу. На поверхности образуется пленка, толщина которой, по мере распространения, может оказаться меньше 1 мм. Далее происходит загрязнение по берегам водоема. Образованная на поверхности воды пленка препятствует попаданию кислорода в воду и препятствует солнечным лучам,

что сказывается на жизнедеятельности водных животных и микроорганизмов. Кроме того, млекопитающие и птицы покрываются пленкой нефти и нефтепродуктов, другими словами, их внешняя защита от холода и воды в виде шерсти и перьев перестает выполнять свои функции из чего следует гибель животных. Не говоря о том, что углеводороды попадают в организм животных.

Если оценивать общую картину наносимого разливами вреда живым организмам, то происходит следующее. На молекулярном уровне возникает повреждение ДНК, нарушаются процессы жизнедеятельности клеток, ухудшается синтез белков, возможен оксидативный стресс. В результате происходит нарушение в балансе гормонов, гибель стволовых клеток, которые способны к самообновлению и выполняют функцию восстановления тканей при повреждениях, а также разрушаются клетки иммунной системы. Третья степень вреда оценивается на уровне органов и тканей организма. Указанный уровень выражается в нарушении функциональности жизненно важных органов: сердца, надпочечников, легких, печени, органов чувств. Проявляются опухоли, болезни и дефекты развития. Совокупность всех этих процессов проявляется на уровне целого организма в виде повышения смертности особей по причине нарушений процессов размножения и снижения жизнеспособности видов. Таким образом, нарушаются процессы биоценоза, которые характеризуются такими понятиями, как биоразнообразие и биомасса. В довершении всего, через растения и животных по пищевой цепочке пагубное влияние оказывается на человека. Это говорит о том, что последствия от загрязнений имеют как прямой, так и косвенный характер.

Наносимый природе ущерб имеет краткосрочную и долгосрочную перспективу. Другими словами, экосистема обладает свойством самовосстановления: популяции животных, численность которых значительно уменьшилась при контакте с углеводородами, в течение нескольких лет восстанавливаются, но, по каким-то причинам, такое возможно не со всеми видами. Тем не менее, остается важный вопрос: какова скорость обновления

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

окружающей среды и скорость, с которой человек ее загрязняет, другим словом, губит. Кроме того, даже через продолжительное время наблюдаются последствия отравления и какие-либо отклонения в жизнедеятельности у некоторых организмов. Для восстановления воды и почвы необходимо больше времени. В связи с чем прекращается сельскохозяйственная и водохозяйственная деятельность, что влияет на экономику и в целом на качество жизни населения загрязненного района [12].

Среди прочего, происходит не только загрязнения почвы, воды и влияние на флору и фауну, но и загрязнение атмосферы ввиду токсичных и опасных испарений. Загрязнение воздуха оказывает схожий с загрязнением воды и почвы вред для организмов: происходит отравление и нарушения в работе дыхательных органов [13, 14].

Следующим важным звеном в цепочке развития аварийной ситуации является взрыв. Поражающие факторы взрыва, то есть ударная волна, тепловая радиация и осколочное поле, наносят вред всему, что располагается рядом. Для человека, если он находится в довольно близком радиусе от места взрыва, последствия могут сопровождаться гибелью, как минимум, будут нанесены повреждения в виде ожогов и физических травм от осколков. Кроме этого, последствиями взрыва являются разрушение окружающих сооружений. Это могут быть технологические трубопроводы и здания, а также соседние резервуары, что увеличит площадь разрушения и пожара. Как минимум, произойдет быстрое нагревание соседних резервуаров, что может привести к вскипанию продукта внутри емкости или к ее взрыву, если система аварийного дыхания резервуара не справится с быстрым увеличением внутреннего давления.

Еще одним поражающим фактором взрыва является пожар, который в свою очередь обладает высокой температурой и токсичными продуктами горения. Пожар наносит вред живым организмам в первую очередь в виде ожогов и интоксикации, исход может быть смертелен, а также происходит разрушение сооружений в связи с их горением. Помимо этого, наносится вред

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

атмосфере. Главными парниковыми газами являются метан и углекислый газ. Учитывая масштабность разливов и продолжительное время горения, при аварии выделяется огромное количество диоксида углерода, которое в перспективе повлияет на глобальное потепление [13, 14].

Таким образом, вред, наносимый аварией на резервуарах с нефтью и нефтепродуктами, имеет катастрофические последствия для экономической, экологической и социальной сферы нашей жизни.

1.5 Методы контроля текущего состояния резервуаров

В течение эксплуатации резервуара в связи со степенью опасностью указанного объекта за техническим состоянием емкости необходимо установить постоянный контроль для своевременного реагирования на какие-либо отклонения. Техническое обслуживание включает в себя периодический осмотр объекта, организацию и проведение регламентных работ. В первую очередь, ежедневно проводят осмотр резервуара [15]. ГОСТ Р 58623-2019 Визуально проверяется отсутствие утечки хранящегося продукта и целостность всего резервуара, его обвалования и оборудования, а также осматриваются сварные швы нижних поясов на наличие трещин, главным образом, внимание уделяется уторному шву, который является одной из самых нагруженных зон в конструкции резервуара. Также без вывода резервуара из эксплуатации проводят текущий ремонт. ТО и ТР важны для поддержания исправности резервуара и его оборудования и для продления срока до следующего капитального ремонта, который, в свою очередь, происходит с выводом емкости из эксплуатации.

Для определения пригодности резервуара и его составных частей к дальнейшему использованию проводят техническое диагностирование. Техническое диагностирование включает в себя подготовку объекта к обследованию, обследование, состоящие из разного рода и назначения методов для выявления отклонений во всех элементах резервуара, оценку технического состояния, содержащую данные обследований и их анализ с

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

помощью проведения расчетов и построения графиков в соответствии с нормативно-технической документацией, и в конечном счете, делают заключение о дальнейших сроках эксплуатации резервуара и необходимых мер для поддержания или восстановления каких-либо характеристик.

Обследование технического состояния вертикального резервуара проводится в два уровня [1]. Первым уровнем является неполное обследование, то есть частичное. При данном виде диагностики емкость не выводится из эксплуатации, что определяет тот факт, что диагностика проводится только с наружной стороны. И второй уровень, соответственно, полное обследование, для которого резервуар выводят временно из эксплуатации. К полному обследованию в обязательном порядке проводят дренирование подтоварной воды, откачку хранившегося продукта, закрытие задвижек и проверку их герметичности с отключением электроприводов, а также зачистку резервуара [16]. Рекомендуются следующие методы контроля при проведении полного и частичного диагностирования:

1. наружный осмотр;
2. визуальный и измерительный контроль (ВИК);
3. ультразвуковая толщинометрия (УЗТ);
4. ультразвуковой контроль сварных соединений и основного металла;
5. геодезический.

Кроме этого, дополнительными методами считаются:

1. течеискание пузырьковым вакуумным способом (ПВТ);
2. контроль избыточным давлением;
3. капиллярный контроль (ПВК);
4. магнитопорошковая дефектоскопия (МПК);
5. акустико-эмиссионный контроль (АЭК);
6. радиографический контроль;
7. магнитный контроль;
8. измерение твердости переносными приборами;

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

9. исследование микроструктуры по репликам и сколам;
10. исследование химического состава, механических свойств и микроструктуры металла элементов на образцах, вырезанных из резервуара (при необходимости).

1.5.1 Визуальный и измерительный контроль

Метод диагностики технического состояния резервуара, проводимый непосредственно персоналом с применением простейших измерительных и оптических средств таких, как лупа, линейка, штангенциркуль, микрометр и прочее с целью выявления дефектов, выходящих на поверхность. Для проведения ВИК необходимо создать достаточную освещенность для верного определения дефектов, а поверхность, подлежащей проверке, необходимо очистить. При ВИК выполняется контроль размеров и расположения оборудования, уделяется внимание сварным соединениям и зон вокруг них, участкам с выпучинами и вмятинами, определяется наличие, размер и глубина коррозии, задиров, оплавлений, прожогов, царапин и других дефектов, проверяется отсутствие пустот между днищем и основанием, идентифицируются разрушения и трещины отмоксти.

Таким образом, данный вид обследования предшествует остальным методам контроля для первоначального этапа выявления проблемных участков и является по технологии проведения более простым. В результате программа обследования резервуара может быть дополнена в том случае, если при ВИК определены зоны, для которых необходимо провести дополнительный неразрушающий контроль.

1.5.2 Геодезический контроль

При геодезическом обследовании измеряются следующие показатели для контроля: внутренний радиус резервуара, отклонение стенки от вертикали и отклонение днища от горизонтали.

Для контроля внутреннего диаметра специалист, а именно, геодезист с

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

помощью специального прибора – тахеометра, внутри резервуара снимает контур емкости. Если центр резервуара обозначен, то измерения ведутся из него, но чаще всего вводится условная система координат, при которой закрепляются две любые точки как рабочий базис, с которого ведутся измерения.



Рисунок 4 – Общая схема измерений

Получив набор точек по окружности резервуара, с помощью расчетов и специализированных программ определяется искомый центр резервуара и его радиусы. После чего, составляется исполнительная схема с указанием центра окружности, подписанными значениями радиусов и, кроме того, указывается таблица с отклонениями значений радиусов от проектных величин. Данные отклонения необходимо сравнить с допускаемыми отклонениями, которые устанавливаются нормативной и проектной документацией. В первую очередь, сравниваем значения с допусками на отклонения, приведенными в ГОСТ 31385-2016 [3].

Для исследования деформаций днища необходимо произвести съемку днища по спирали к центру, после чего результаты отмечаются на исполнительной схеме в условной системе координат: за начало координат принимается либо центр днища, либо самая низкая отметка.

Кроме внутренних измерений, с помощью геодезических методов проводят наружное обследование, а именно нивелировку окрайки днища и

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

основания. По всей окружности днища после монтажа резервуара должны быть нанесены особые отметки, по которым наблюдают за осадкой, – деформационные марки. От начального репера, то есть исходной точки нивелирования, необходимо проложить замыкающийся теодолитный ход вокруг резервуара. Произведя нивелирование отметок, полученные данные наносятся на исполнительную схему и в общую таблицу для анализа полученных данных на наличие недопустимых осадок. Допуски также можно найти в ГОСТ 31385-2016 [3].

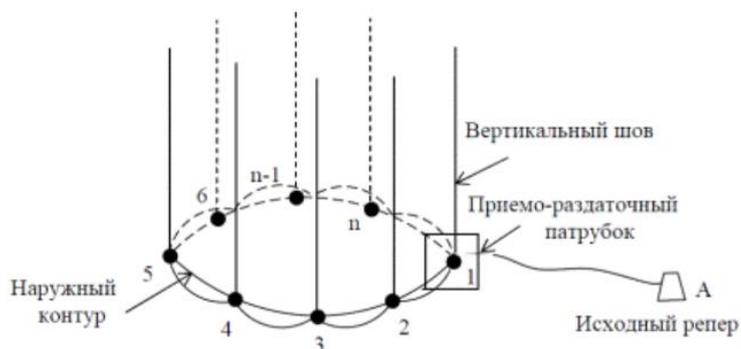


Рисунок 5 – Пример схемы нивелирования наружного контура

Следующий этап геодезических исследований – проверка вертикальности стенок, измерения их отклонений от вертикали и сравнение с допустимыми значениями отклонений. Измерения проводятся по поясам и секторам стенки резервуара с помощью отвеса, теодолита и других приборов.

1.5.3 Ультразвуковой контроль и толщинометрия

Ультразвуковой контроль является одним из самым универсальным в связи со своей большей чувствительностью. Цель УЗК состоит в нахождении подповерхностных и внутренних дефектов, обнаружение которых с помощью ВИК затрудняется в связи со скрытым характером отклонений. Физический смысл заключается в том, что звуковая волна распространяется в однородной среде по неизменяющейся траектории, а дефекты, в свою очередь, нарушают однородность структуры и отражают волны. При УЗК обследуется как

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

основной металл, так и сварные швы на наличие дефектов и несплошностей.

Кроме того, метод использования ультразвуковой волны применяется при толщинометрии. Цель состоит в том, чтобы определить фактическую толщину стенок основных конструкций резервуара, что дает понимание о наличии коррозионного износа и локальных повреждений. Соответственно, для измерений используются толщинометры. Для проблемных участков, выделенных при проведении ВИК назначается дополнительная толщинометрия.

					Общее представление о резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

2 Характеристика объекта исследования

2.1 База метанола

Объект исследования находится на территории базы метанола и нефтепродуктов Заполярного нефтегазоконденсатного месторождения. База метанола, в свою очередь, располагается в Тазовском районе Ямало-Ненецкого автономного округа.

Основной задачей базы метанола является обеспечение бесперебойного снабжения [REDACTED], Тазовского участка добычи газа метанолом в необходимом количестве из чего следует вторая задача, состоящая в обеспечении сохранности качества метанола и сокращения до минимума его потерь при приёме, хранении и отпуске на УКПГ.

По назначению база метанола относится к распределительной, т. е. производит прием и отпуск метанола. Метанол доставляется на базу автоцистернами и после слива в приемный резервуар (поз. 75, приложение А) перекачивается в резервуарный парк. Отпуск метанола из резервуарного парка производится по трубопроводу непосредственно на УКПГ, либо через сливно-наливное устройство в автоцистерны, с последующим вывозом на УКПГ.

По транспортным связям база метанола относится к глубинной, так как расположена на значительном расстоянии от железных дорог и водных путей. Соответственно метанол на базу доставляется автотранспортом.

База метанола относится к IIIа категории - базы общей вместимостью свыше 1000 м³ и до 20000 м³, с максимальным объёмом одного резервуара до 5000 м³ включительно.

По годовому грузообороту база метанола относится к 4 группе - грузооборот свыше 20 и до 50 тыс. т/год включительно.

Основные элементы базы метанола:

					Повышение устойчивости резервуара вертикального стального типа РВС-5000 кубических метров на грунтах Ямало-Ненецкого автономного округа			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Мутовкина Е.Д.			Характеристика объекта исследования	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					41	113
<i>Рук. ООП</i>		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		

1. насосная станция перекачки метанола (поз. 1, приложение А);
2. манифольдная метанола – управление запорной электроприводной арматурой в автоматическом режиме (поз. 2, приложение А);
3. резервуарный парк метанола, состоящий из 4 резервуаров 10Е-1 объемом по 5000 м³ (поз. 3, приложение А);
4. емкость приема и отпуска метанола 50Е-1 объемом 40 м³ (поз. 75, приложение А);
5. площадка сливо-наливных стояков УН-100В (поз. 76, приложение А);
6. площадка свечи с гидрозатвором азотной системы (поз. 12, приложение А);
7. дренажные емкости, а именно 2 емкости 10Е-2 объемом 40 м³ (поз. 13 и 14, приложение А).

2.2 Сведения об исследуемом объекте

Особую важность для базы хранения и реализации нефтепродуктов имеет резервуарный парк, который введен в эксплуатацию в 2004 году и состоит из четырех резервуаров.

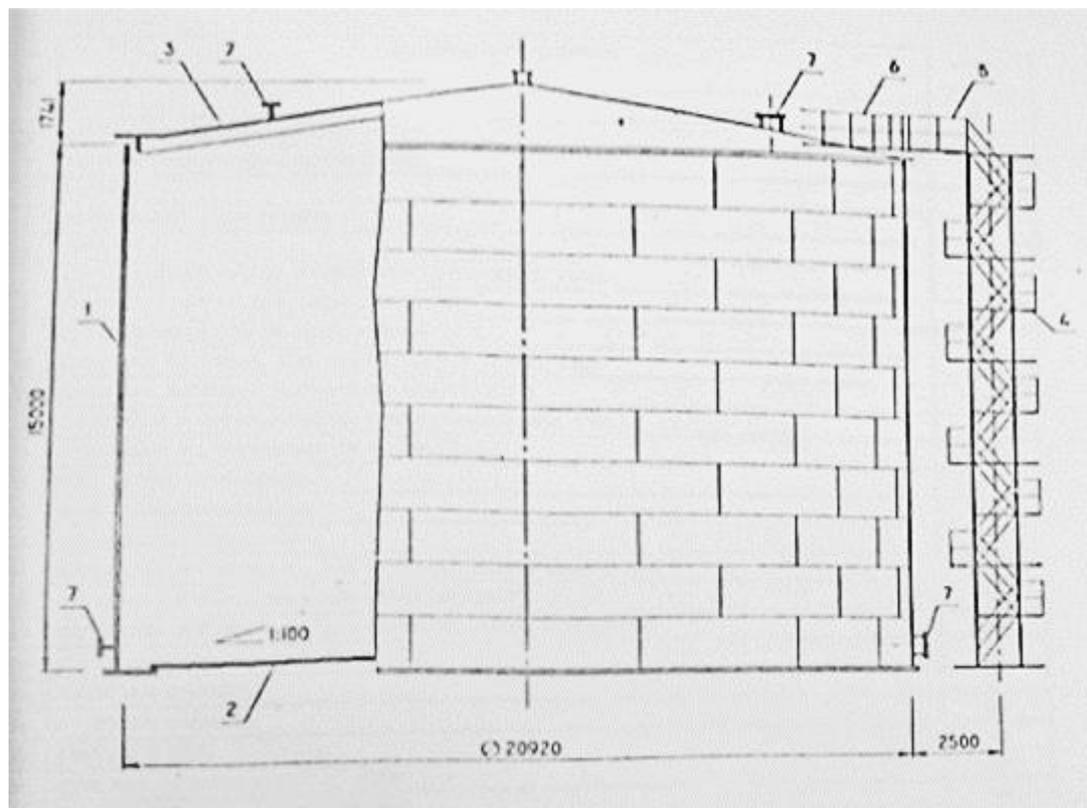
Объектом исследования является резервуар стальной вертикальный (типа РВС-5000) для метанола, $V = 5000 \text{ м}^3$, со стационарной крышей (без понтона).

Таблица 2 – Краткая характеристика и сведения об объекте исследования

Тип резервуара	Вертикальный сварной цилиндрический резервуар рулонной сборки со стационарной крышей
Сварные швы	Электродуговая автоматическая и полуавтоматическая сварка
Хранимый продукт	Метанол
Уровень, мм	min – ■■■; max – ■■■■

Продолжение таблицы 2

Объем, м ³	min – ██████; max – ██████			
Высота стенки, мм	██████			
Диаметр, мм	██████			
Количество поясов	██			
Толщина металла днища, мм	████████████████████ ██			
Толщина металла кровли, мм	████████████████████ ██			
Толщина металла стенок резервуара по поясам, мм	██	██	██	████
	████	████	████	████
Температура, °С	-50 ÷ 15			
Давление, МПа	0,0015 ÷ 0,002			
Металл (кровля, корпус, днище)	09Г2С-12 (ГОСТ 19281-89 [19])			



1 – стенка; 2 – днище; 3 – крыша; 4 – шахтная лестница; 5 – переход на крышу; 6 – площадки и ограждения на крыше; 7 – люки и патрубки в стенке и крыше; 8 – площадки и стремянки пеногенераторов

Рисунок 6 – Общий вид резервуара

Таблица 3 – Оборудование резервуара

Наименование	Количество	Размер, марка
Клапан дыхательный	4	КДС2-1500/500
Люк замерный	1	ЛЗО-150
Люк световой	3	Ø 500
Люк-лаз	2	600 × 900
Люк-лаз	1	Ø 800
Хлопушка	2	ХП-400
Управление хлопушкой	2	МУВ-250
Кран сифонный	1	КС-150
Патрубок приемо-раздаточный	2	Du-400
Генератор пены	5	ГПСС-2000
Пробоотборник	1	ПСР-2
Протектор	29	ПМР-20
Молниезащита	3	

Помимо этого, резервуар покрыт антикоррозийным покрытием, присоединен к заземлителям, оснащен приборами для контроля необходимых показателей таких, например, как давление газового пространства, температура хранимого продукта и уровень жидкости, а также оснащен системой автоматики и аварийной сигнализации. Таким образом, резервуар обеспечен всем основным оборудованием для безопасной эксплуатации.

2.3 Характеристика метанола

Для предотвращения гидратообразования на УКПГ в качестве ингибитора применяется метанол технический. Класс опасности (ГОСТ 12.1.007-76 [18]) – III.

Таблица 4 – Характеристика метанола

Параметр	Размерность	Величина
Плотность при 20° С	г/см ³	0,791 ÷ 0,792
Температура кипения при 760 мм рт. ст.	°С	64 ÷ 65,5
Температура плавления	°С	минус 93,9

Продолжение таблицы 4

Температура замерзания	°С	минус 97,1
Температура вспышки	°С	8
Температура воспламенения	°С	7 ÷ 39
Концентрация воспламенения	% объемные	6,7 ÷ 34,7
Температура самовоспламенения	°С	436
Вязкость при 0° С	СПз	0,793
Массовая доля воды	%	не более 0,08
Предельно - допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны	мг/м ³	5

Метанол CH_3OH или по-другому метиловый спирт - по внешнему виду бесцветная прозрачная летучая горючая жидкость с запахом и вкусом, напоминающим винный (этиловый) спирт. Метанол растворим в спиртах и других органических соединениях, смешивается с водой во всех отношениях без помутнения. Метанол легко воспламеняется и при испарении взрывоопасен.

Показатели, обязательные для проверки перед приемом, хранением и отпуском на УКПГ: внешний вид и содержание воды по ГОСТ 2222-95 [19].

В целях исключения возможного употребления метанола в качестве питьевого спирта в него необходимо добавлять одорант (этилмеркаптан) в соотношении 1:1000, или керосин в соотношении 1:100 и краситель. В качестве красителя метанола следует использовать химические чернила или другой краситель темного цвета, хорошо растворимый в метаноле. На 1000 литров метанола добавляется 2-3 литра красителя. Смешивание метанола с одорантом или химическим красителем происходит в емкости 10Е-3, с последующим возвратом подкрашенного метанола обратно в резервуарный парк.

Метанол в резервуарный парк должен поступать одорированным и подкрашенным. Однако при длительном хранении метанола запах этилмеркаптана в значительной мере может утрачиваться, а краситель

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

обесцвечиваться. Для периодического восстановления запаха и окраски метанола к резервуарам 10Е-1 на площадках парка проложен коллектор Ø89×4, по которому может подаваться керосин или одорант, а также метанол с красителем.

2.4 Технология «азотной подушки»

Азот является вспомогательным продуктом, используется для создания газовой “подушки” над поверхностью метанола в резервуарах хранения с целью снижения потерь метанола от испарения и предупреждения опасности разрядов статического электричества при сливе – наливе, а также исключения загазованности, то есть образования взрывоопасной концентрации паров.

В этих целях применяется азот газообразный технический 1-го или 2-го сорта по ГОСТ 9293-74 [20]. По физико-химическим показателям газообразный технический азот должен отвечать следующим нормам:

Таблица 5 – Физико-химические показатели технического азота

Объемная доля азота, % не менее	99,6 ÷ 99,0
Объемная доля кислорода, %, не более	0,4 ÷ 1,0
Объемная доля водяного пара, %, не более	0,009

Мехпримеси в азоте должны отсутствовать.

Максимально допустимое наполнение резервуара метанолом производится на 70 % объема, что составляет 3500 м³ метанола и соответственно 1500 м³ воздушно - азотной смеси.

Азот поступает с давлением 0,3 МПа с кислородоазотодобывающей станции (КАДС) в манифольдную, где проходит узел редуцирования с замером расхода, после которого с давлением от 0,000 МПа (атмосферное) до 0,0015 МПа подается по газоуравнительной линии в резервуары.

Перед наполнением каждого резервуара метанолом его необходимо заполнить азотом для понижения концентрации кислорода внутри резервуара до 10,4 % объема. Первоначальная подача азота в первый назначенный

резервуар производится из манифольдной с давлением Ризб. = 0,3 МПа двумя способами:

1. снизу резервуара через приемный патрубок по маршруту: от байпаса узла редуцирования азота, дренажные трубопроводы и через технологические трубопровод приема метанола;
2. сверху резервуара по газоуравнительной линии от указанного байпаса узла редуцирования.

Возможна подача азота одновременно и снизу, и сверху резервуара.

При дальнейшей эксплуатации резервуарного парка, в процессе приема метанола в резервуар излишки азота вытесняются по газоуравнительной линии в соседние резервуары. С повышением давления “азотной подушки” в резервуаре до 0,002 МПа и выше азот из последнего вытесняется по газоуравнительной линии в емкость гидрозатвора Е-1, проходит через слой затворной жидкости, а именно керосина с плотностью 795 кг/м³, и далее на свечу Св-1 (поз. 12 по РП, приложение А) в атмосферу.

В случае неработоспособности свечной системы (например, неверно подобран уровень в ёмкости Е-1), при повышении давления “азотной подушки” до 0,0023 МПа, сброс избытка азота из резервуаров производится через дыхательные клапаны.

В процессе отпуска метанола в резервуарах образуется недостаток (разряжение) азота и его давление в газоуравнительной линии может понизиться до атмосферного. При этом в манифольдной срабатывает на открытие мембранный клапан - регулятор прямого действия, через который система подпитывается азотом до набора давления в 0,0015 МПа.

2.5 Мероприятия для сохранения грунта в первоначальном состоянии

Строительство в районе распространения вечной мерзлоты предполагает две главные проблемы мерзлого грунта: оттаивание мерзлоты и морозное пучение. Верхний слой многолетнемерзлого грунта оттаивает

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

сезонно, нижние же слои могут начать оттаивать в связи с изменением климата, таким образом, данный процесс требует наблюдения. Вторая проблема, заключающаяся в морозном пучении, проявляется в замерзании имеющейся в грунте воды, в результате чего образуется лед. Вода, застывая в лед, увеличивается в объеме, что является главной причиной морозного пучения. Таким образом, оттаивание мерзлоты ведет к просадкам сооружений, а морозное пучение, наоборот, приподнимает строение, что приводит к крену.

В связи с тем, что строительство резервуара необходимо было произвести на грунтах со своей определенной спецификой, состояние грунта будет значительно влиять на безопасность эксплуатации объекта в течение всего периода времени. Основание для резервуара было спроектировано по принципу сохранения грунта в мерзлом состоянии, то есть таким образом, чтобы предусмотреть защиту многолетнемерзлого грунта как от внешних положительных температур, так и от положительным температур хранимого продукта, то есть метанола. Во-первых, была применена технология проветриваемого подполья. Суть подполья заключается в том, что по трубам, проходящим под резервуаром и выходящим на поверхность, в период отрицательных температур окружающей среды циркулирует воздух, охлаждая или поддерживая отрицательную температуру грунта. Зимой ту часть трубы, что выходит на поверхность, называемая рефлектором, следует очищать от снега, который препятствует воздуху. После того, как наступает период потепления, подполье должно быть закрыто.

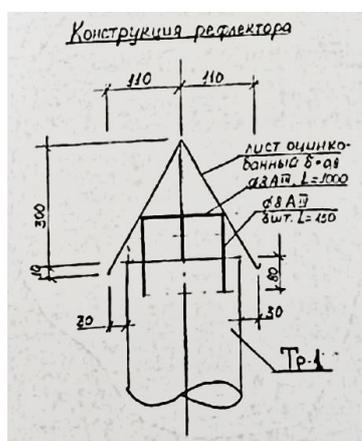


Рисунок 7– Конструкция рефлектора

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Во-вторых, была применена технология принудительного охлаждения грунтов. Это достигается с помощью установки термостабилизаторов. Термостабилизатор представляет собой трубу, одна часть которой находится в грунте – испаритель, вторая часть находится на поверхности – радиаторная секция трубы.

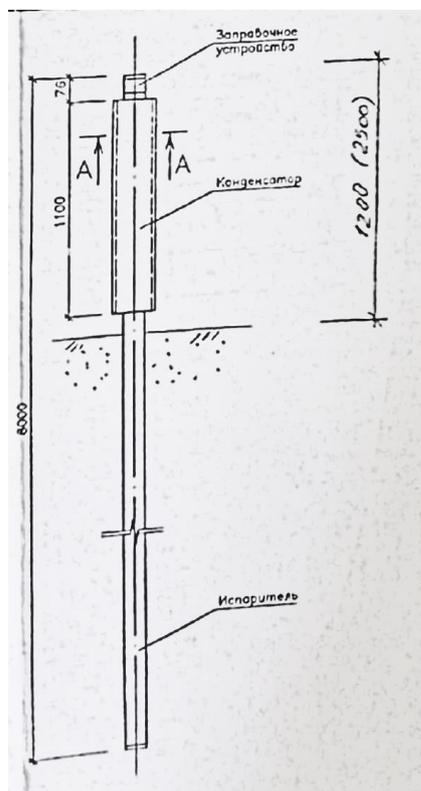


Рисунок 8 – Конструкция стабилизатора пластичномерзлых грунтов

Действие термостабилизаторов заключается в том, что при опускании температуры окружающей среды ниже температуры грунтов, пары хладагента, то есть теплоносителя, начинают конденсироваться в радиаторной секции трубы, после чего происходит снижение давления и хладагент в испарительной секции начинает вскипать и испаряться, из чего следует перенос тепла из испарительной секции в радиаторную. Таким образом происходит охлаждение грунта.

Также по территории резервуарного парка располагаются термоскважины для периодического контроля за состоянием температурного режима грунтов оснований резервуаров.

Для предотвращения появления морозного пучения, необходимо

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

закрывать доступ для попадания воды в грунт. Для минимизирования данного явления на объекте исследования предусмотрены следующие мероприятия:

1. наличие асфальтобетонного покрытия откосов песчаной подушки основания резервуара;

2. каре резервуарного парка забетонировано, кроме того, в каре имеется специальное отверстие для спуска дождевой и снеговой воды, которая по трубопроводу попадает в дренажную емкость.

					Характеристика объекта исследования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

3 Техническое состояние резервуара

По истечению срока безопасной эксплуатации резервуара проведена полная диагностика технического устройства с целью определения фактического технического состояния объекта и установления возможности, срока и условий дальнейшей безопасной эксплуатации, а также в случае необходимости определения объема ремонтных работ. Полная диагностика проведена спустя 10 лет эксплуатации после предыдущего полного обследования.

Перечень проведенных обследований и в соответствии с какой нормативной-технической документации проводились исследования:

1. Визуальный и измерительный контроль основного металла и сварных соединений корпуса, днища, кровли и несущих конструкций РВС – РД 03-606-03 [22], РД 03-421-01 [23];

2. Ультразвуковое измерение толщины корпуса, днища и кровли РВС – ГОСТ 22727-88 [24];

3. Контроль поверхностных дефектов сварных соединений основного металла магнитопорошковым методом – ГОСТ 21105-87 [25], ГОСТ 34347-2017 [26], СТО Газпром 2-2.3-218-2008 [27];

4. Контроль сплошности основного металла и металла околосварной зоны ультразвуковым методом – ГОСТ 22727-88 [24], ГОСТ 28782-90 [28], ГОСТ 14782-86 [29], СТО 00220256-005-2005 [30];

5. Контроль твердости металла – ГОСТ 22761-77 [31], ГОСТ 9012-59 [32], ГОСТ 23677-79 [33].

Кроме того, каждый год проводится измерение величины отклонения стенки от вертикали и нивелирование окрайки днища.

					Повышение устойчивости резервуара вертикального стального типа РВС-5000 кубических метров на грунтах Ямало-Ненецкого автономного округа			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Мутовкина Е.Д.			Техническое состояние резервуара	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					51	113
<i>Рук. ООП</i>		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		
<i>ООП</i>								

Таблица 6 – Перечень диагностического оборудования

Тип прибора	Свидетельство о поверке/калибровке	Дата следующей поверки/калибровки
Комплект для ВИК № 86	206.1-11044-14	05.02.2015
Тощиномет ультразвуковой А 1208	2091400	07.03.2015
Установка измерительная ультразвуковая «СКАНЕР»	362/14-Т	07.03.2015
Твердомер переносной ТЭМП-4	334/14-Т	07.03.2015
Устройство, намагничивающее на постоянных магнитах УКПМ-2 ЭС	Дата выпуска: 15.05.2014	15.05.2015
Тахеометр LEICA TS10(1000)		

На основе полученных результатов измерений, проводятся базовые расчеты на прочность и устойчивость стенки резервуара, после чего, основываясь на всех результатах обследования, подводится итог для возможности дальнейшей эксплуатации резервуара и составляется объем работ для поддержания технического состояния объекта, если в этом есть необходимость.

3.1 Проверочный расчет стенки резервуара на прочность

Цель расчета: проверить стенку резервуара на прочность, учитывая коррозионный износ основного металла стенки.

Методика расчета: СП 16.13330.2017 [34].

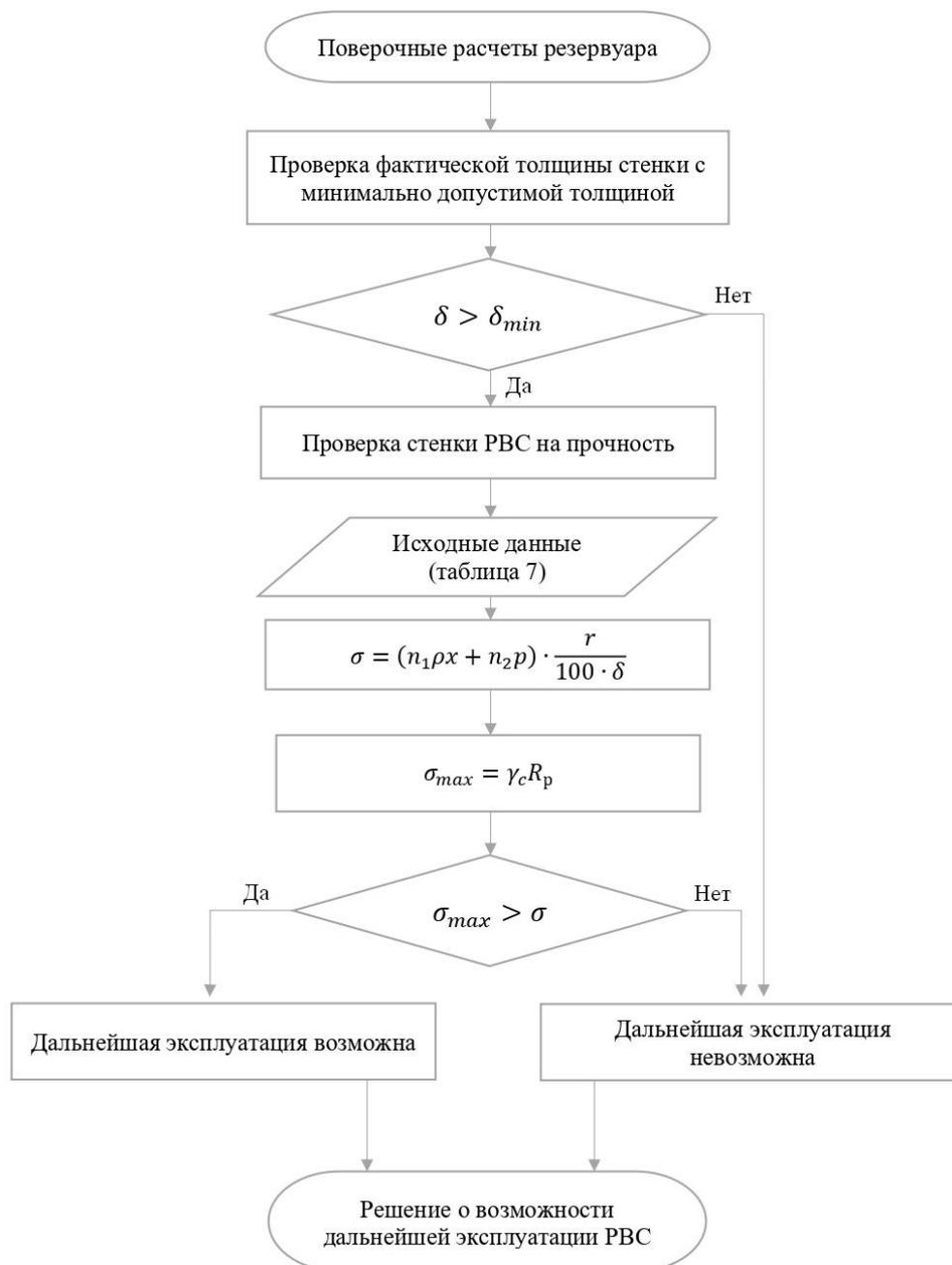


Рисунок 9 – Алгоритм расчета стенки РВС на прочность

Исходные данные представлены в таблице 7.

Таблица 7– Исходные данные для расчета стенки на устойчивость

Плотность метанола ρ , т/м ³	■
Избыточное давление в резервуаре p , МПа	■
Радиус резервуара r , м	■
Расчетное сопротивление по сварному шву, кг · м/с ²	■

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Продолжение таблицы 7

Расчетное сопротивление стали 09Г2С-12 по пределу текучести, кг · м/с ²	■			
Высота пояса h , м	■			
Количество поясов стенки резервуара	■			
Толщина стенки по поясам по результатам толщинометрии δ , мм	■	■	■	■
	■	■	■	■

Внутреннее усилие на пояс находится по следующей формуле

$$\sigma = (n_1 \rho x + n_2 p) \cdot \frac{r}{100 \cdot \delta}, \text{ МПа}, \quad (1)$$

где n_1 – коэффициент перегрузки для гидростатического давления, принимаемый 1,0;

ρ – плотность продукта, т/м³;

x – расстояние от расчетного уровня листа до верха резервуара, м;

n_2 – коэффициент перегрузки для внутреннего избыточного давления и вакуума, принимаемый 1,2;

p – избыточное давление, МПа;

r – радиус резервуара, м;

δ – фактическая толщина стенки в расчетном поясе по результатам толщинометрии эксплуатации резервуара, м.

Пример расчета для первого пояса:

$$x_1 = 10 \cdot h, \text{ м}, \quad (2)$$

где h - высота пояса;

■

■

Результаты расчетов внутреннего усилия на остальные пояса стенки представлены в таблице 8.

Для каждого пояса необходимо определить максимальное допустимое усилие на пояс

					Техническое состояние резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

$$\sigma_{max} = \gamma_c R_p, \text{ МПа}, \quad (3)$$

где γ_c – коэффициент условий работы стенок резервуара, принимаемый для первого пояса 0,7, для остальных поясов – 0,8;

R_p - расчетное сопротивление стали по пределу текучести или расчетное сопротивление по сварному шву, выбирается наименьшее - 245 кг · м/с².

██

██

Таблица 8 – Результаты расчетов

№ пояса	x, м	δ, м	δ _{min} , м	γ _c	σ, МПа	σ _{max}
1	████	████	████	██	████	████
2	████	████	████	██	████	████
3	████	████	████	██	████	████
4	████	████	████	██	████	████
5	████	████	████	██	████	████
6	████	████	████	██	████	████
7	████	████	████	██	████	████
8	████	████	████	██	████	████
9	████	████	████	██	████	████
10	████	████	████	██	████	████

Условие прочности стенки резервуара:

$$\sigma < \sigma_{max}, \text{ МПа}, \quad (4)$$

Таким образом, сравнивая последний и предпоследний столбцы таблицы 8, условие прочности выполняется для всех поясов стенки резервуара.

3.2 Расчет устойчивости стенки

Цель расчета: проверить стенку резервуара на устойчивость в связи с изменением фактической толщины стенки по причине износа основного металла.

Методика расчета: СП 16.13330.2017 [34].

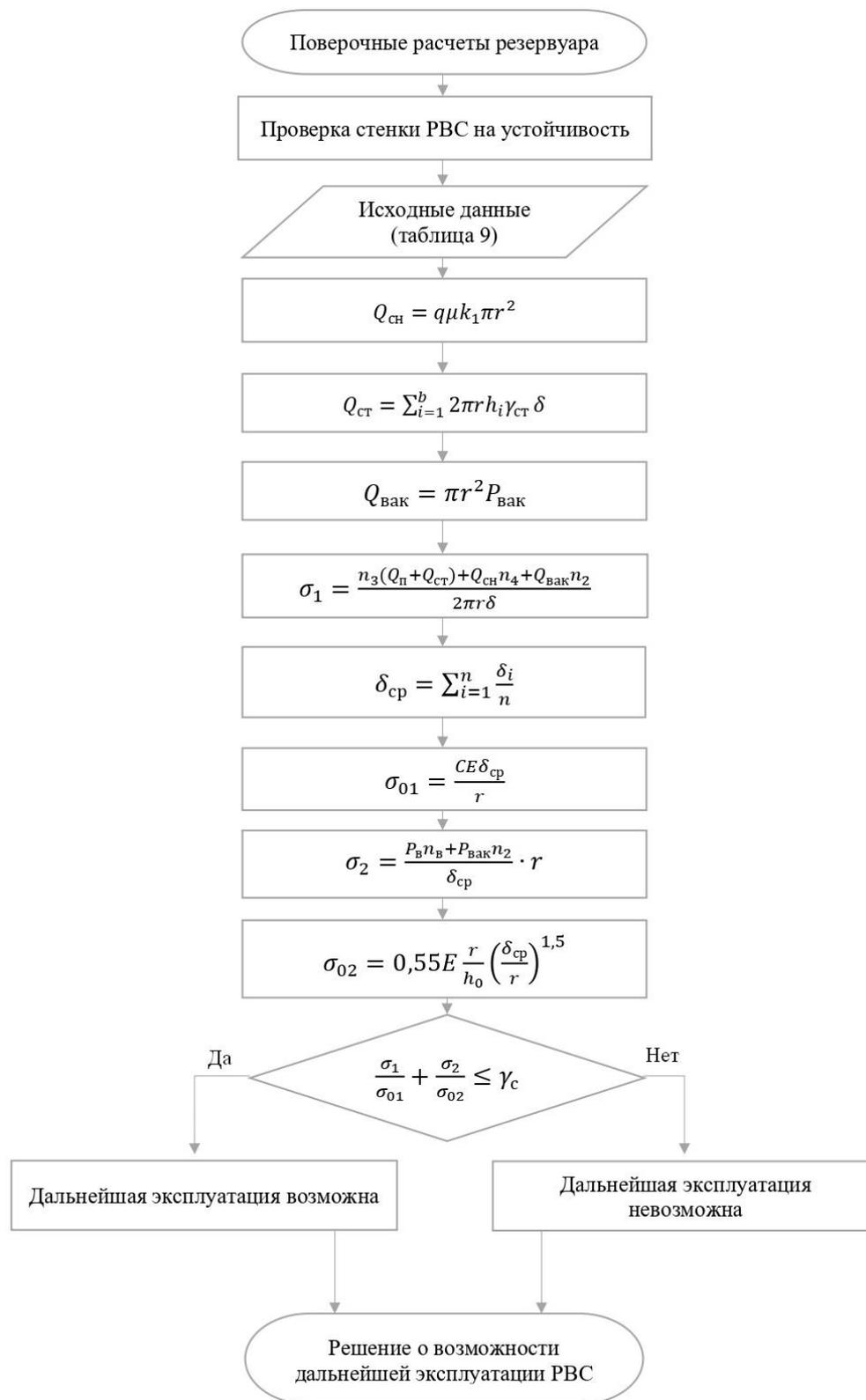


Рисунок 10 – Алгоритм расчета стенки РВС на устойчивость

Исходные данные представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Исходные данные для расчета стенки на устойчивость

Вес покрытия резервуара $Q_{п}$, МН	■
Нормативное значение веса снегового покрытия на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли q , МПа	■
Удельный вес стали $\gamma_{ст}$, МН/м ³	■
Нормативное значение вакуума $P_{вак}$, МПа	■
Модуль упругости стали E , МПа	■
Нормативное значение ветровой нагрузки $P_{в}$, МПа	■
Высота резервуара h_0 , м	■

Проверка устойчивости корпуса резервуара при совместном действии вертикальных и горизонтальных сжимающих усилий выполняется по формуле

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{01}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{02}} \leq \gamma_c, \quad (5)$$

где σ_1, σ_2 – расчетные осевые и кольцевые напряжения в стенке резервуара, МПа;

σ_{01}, σ_{02} – соответственно, критические осевые и кольцевые напряжения;

γ_c – коэффициент условий работы стенки РВС, при расчете на устойчивость принимаемый 1.

$$\sigma_1 = \frac{n_3(Q_{п} + Q_{ст}) + Q_{сн}n_4 + Q_{вак}n_2}{2\pi r \delta}, \text{ МПа}, \quad (6)$$

где n_3 – коэффициент надежности по нагрузке от собственного веса, 1,05;

$Q_{п}$ – вес покрытия резервуара, МН;

$Q_{ст}$ – вес вышележащих поясов стенки, МН;

$Q_{сн}$ – нормативное значение снеговой нагрузки, МН;

n_4 – коэффициент надежности по снеговой нагрузке, принимаем 1,4;

$Q_{вак}$ – нормативное значение нагрузки от вакуума, МН.

Нормативное значение снеговой нагрузки определяется по формуле

$$Q_{сн} = q\mu k_1 \pi r^2, \text{ МН}, \quad (7)$$

где q – нормативное значение веса снегового покрытия на 1 м^2

горизонтальной поверхности земли, МПа;

μ – коэффициент перехода от веса снегового покрытия на земле к снеговому покрытию на резервуаре, зависящий от конусности кровли, принимается 0,5;

k_1 – коэффициент, принимаемый 0,63 [35].

$$Q_{сн} = \text{[REDACTED]}$$

Вес вышележащих поясов стенки резервуара определяется по формуле

$$Q_{ст} = \sum_{i=1}^b 2\pi r h_i \gamma_{ст} \delta, \text{ МН}, \quad (8)$$

где b – номер последнего пояса;

h_i – высота i -ого пояса стенки, при соединении листов встык принимаем равной 1,5 м;

$\gamma_{ст}$ – удельный вес стали, МН/м³.

Пример расчетов для первых двух стенок, остальные значения внесены в таблицу 11.

$$Q_{ст1} = \text{[REDACTED]}$$

$$Q_{ст2} = \text{[REDACTED]}$$

Нормативная нагрузка от вакуума

$$Q_{вак} = \pi r^2 P_{вак}, \text{ МН}, \quad (9)$$

где $P_{вак}$ – нормативное значение вакуума, МПа.

$$Q_{вак} = \text{[REDACTED]}$$

Расчет приведен для первого пояса стенки резервуара, остальные значения внесены в таблицу 11:

$$\sigma_{11} = \text{[REDACTED]}$$

Осевые критические напряжения определяются по формуле

$$\sigma_{01} = \frac{CE\delta_{ср}}{r}, \text{ МПа}, \quad (10)$$

где C – коэффициент, зависящий от радиуса и толщины стенки резервуара, который находим по таблице 10 с помощью линейной интерполяции для более точного нахождения значения;

Таблица 10 – Значение коэффициента C

r/δ	300	400	600	800	1000	1500	2500
C	0,16	0,14	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06

$\delta_{\text{ср}}$ – средняя арифметическая толщина стенки резервуара, м;

E – модуль упругости стали, МПа.

$$\delta_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{n}, \text{ м}, \quad (11)$$

где δ_i – фактическая толщина стенки в расчетном поясе по результатам толщинометрии эксплуатации резервуара, м;

n – количество поясов стенки резервуара.

$$\delta_{\text{ср}} =$$

$$\sigma_{011} =$$

Расчетные кольцевые напряжения в стенке определяются по формуле

$$\sigma_2 = \frac{P_{\text{в}} n_{\text{в}} + P_{\text{вак}} n_2}{\delta_{\text{ср}}} \cdot r, \text{ МПа}, \quad (12)$$

где $P_{\text{в}}$ – нормативное значение ветровой нагрузки, МПа.

$n_{\text{в}}$ – коэффициент надежности по ветровой нагрузке, принимаемый 1.

$$\sigma_2 =$$

МПа.

Кольцевые критические напряжения определяются по формуле

$$\sigma_{02} = 0,55E \frac{r}{h_0} \left(\frac{\delta_{\text{ср}}}{r} \right)^{1,5}, \text{ МПа}, \quad (13)$$

где h_0 – высота резервуара, м.

$$\sigma_{02} =$$

МПа.

Расчет приведен для первого пояса стенки резервуара, остальные

значения внесены в таблицу 11:

$$\frac{\sigma_{11}}{\sigma_{011}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{02}} = \text{[Redacted]}$$

Таблица 11 – Результаты вычислений

№ пояса	σ_1 , МПа	σ_{01} , МПа	σ_2 , МПа	σ_{02} , МПа	$Q_{ст}$, МН	r/δ	C	$\frac{\sigma_1}{\sigma_{01}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{02}}$
1	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
2	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
3	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
4	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
5	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
6	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
7	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
8	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
9	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
10	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

Таким образом, сравниваем значения последнего столбца с коэффициентом условий работы стенки РВС, $\gamma_c = 1$. Из формулы (5) делаем вывод, что проверка устойчивости стенки РВС выполняется для всех поясов стенки резервуара.

3.3 Исследование отклонений стенки резервуара от вертикали

В таблице 12 приведены предельные отклонения стенки резервуара от вертикали в соответствии с таблицей П.4.1 РД 08-95-95 [36], для резервуаров объемом от 1000 до 5000 м³. Учитывая, что срок эксплуатации исследуемого резервуара больше 5 лет, но меньше 20, то значения отклонений были увеличены с коэффициентом 1,3 в соответствии с пунктом 8.12 РД 08-95-95 [36].

Таблица 12 - Предельные отклонения от вертикали образующих стенок резервуаров для ненаполненного резервуара

Предельные отклонения от вертикали образующих стенки, мм									
Номера поясов									
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
19,5	32,5	45,5	58,5	71,5	78	84,5	91	97,5	104

Учитывая тот факт, что измерения должны проводиться не больше, чем через 6 метров по периметру резервуара, определим количество секторов, по которым необходимо провести исследования.

$$q = \frac{P}{6} = \frac{2\pi r}{6} = \frac{2\pi \cdot 10,45}{6} = 10,9, \quad (14)$$

где P – периметр окружности, м.

Соответственно, должно быть определено минимум 11 секторов для геодезических измерений.

В таблице 13 представлены результаты измерения величины отклонения образующих стенки резервуара, где знак «минус» указывает на отклонение стенки внутрь резервуара.

Таблица 13 – Значение отклонений стенки от вертикали

Пояс/Сектор	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
X	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
IX	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
VIII	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
VII	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
VI	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
V	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
IV	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
III	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
II	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
I	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Желтым отмечены те значения, которые в соответствии с таблицей 12 выходят за рамки допустимых предельных величин.

Далее наглядно представлены отклонения образующих, где черная линия отражает фактические значения, а серые линии показывают предельные значения.

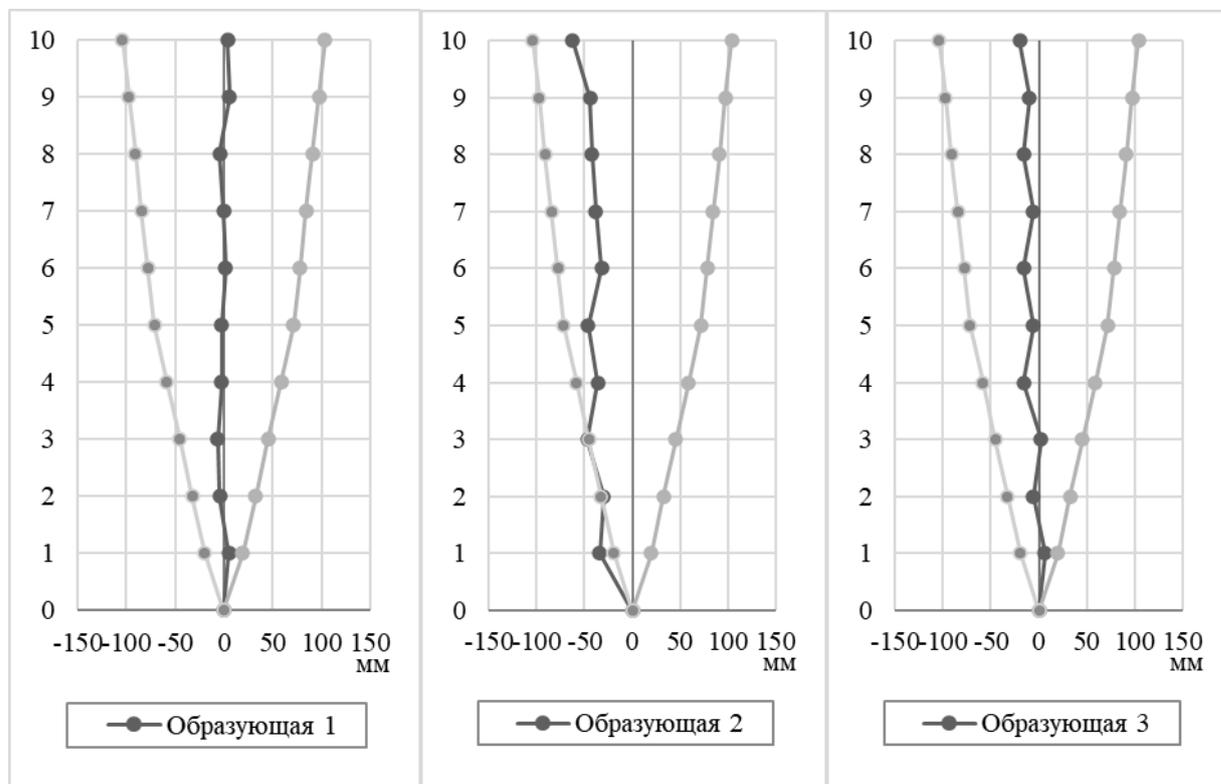


Рисунок 11 – Значения отклонения образующих 1-3 от вертикали

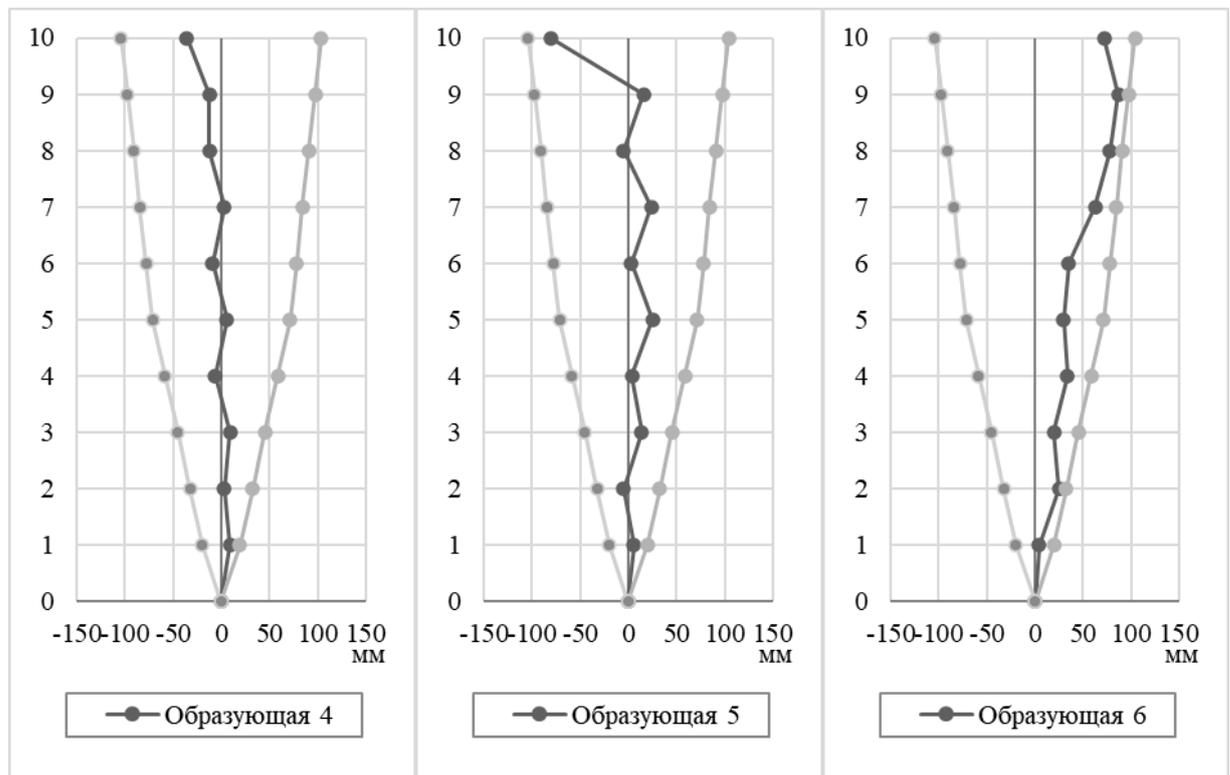


Рисунок 12 – Значения отклонения образующих 4-6 от вертикали

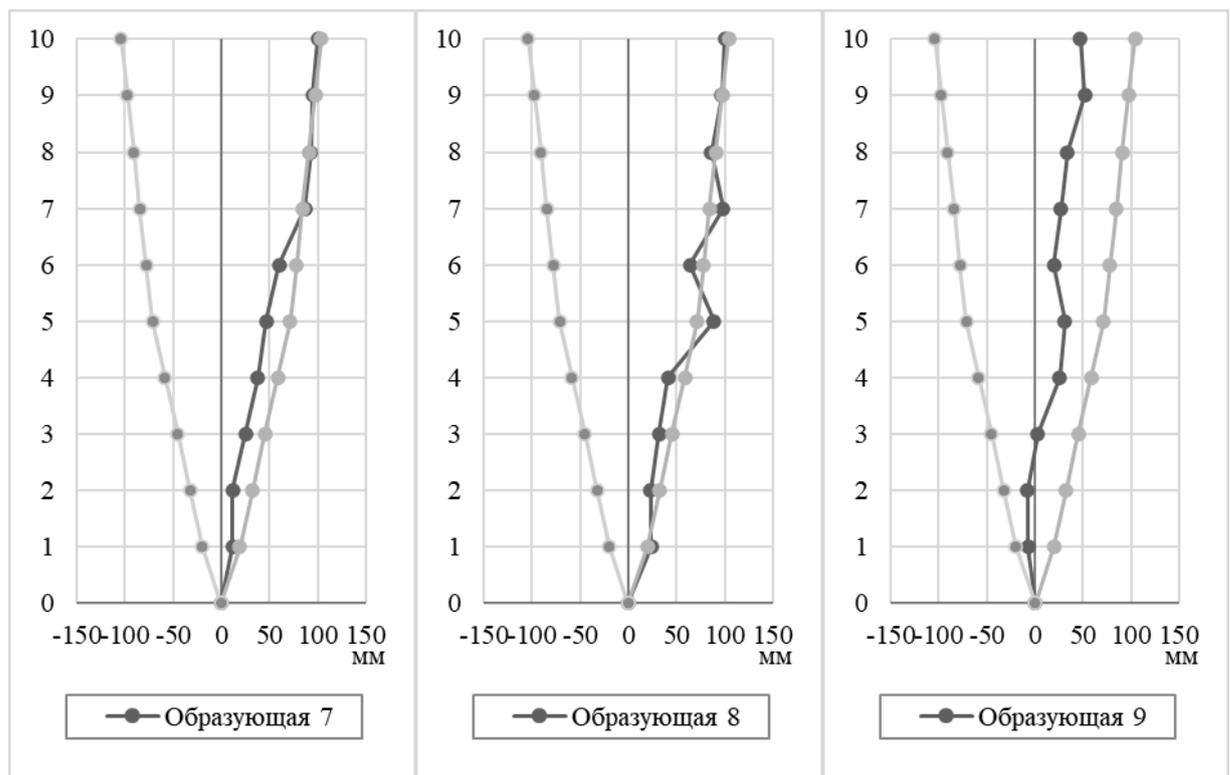


Рисунок 13 – Значения отклонения образующих 7-9 от вертикали

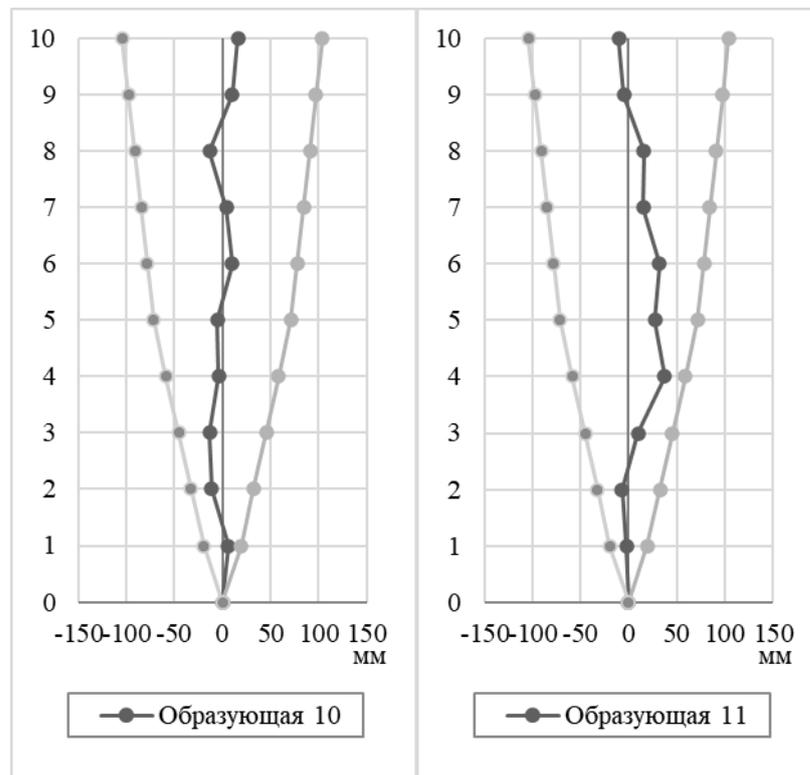


Рисунок 14 – Значения отклонения образующих 10-11 от вертикали

Кроме того, необходимо рассмотреть отклонения по вертикали верхнего пояса в сравнении с условным нулем, за который принимается уторный шов, другими словами, необходимо показать горизонтальную проекцию верхнего пояса и уторного шва.

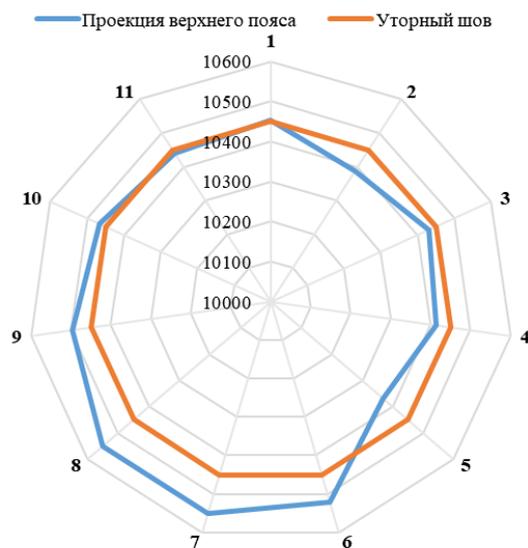


Рисунок 15 – Схема деформаций стенок резервуара относительно основания

Таким образом, наибольшие деформации наблюдаются на образующих под номерами 2, 5, 7 и 8, что говорит об изменениях в напряженно-деформированном состоянии резервуара.

3.4 Исследование отклонений днища от горизонтали

В таблице 14 представлены предельные величины различного типа осадок.

Таблица 14 – Предельные показатели осадки резервуаров

Показатель	Предельное значение
Максимальная абсолютная осадка, мм	200 [37]
Средняя осадка, мм	150 [37]
Относительный крен резервуара со стационарной крышей	0,003 [38]
Разность отметок наружного контура днища [36]	
Смежных точек на расстоянии 6 м, мм	20
Любых других точек по периметру, мм	50

В таблице 15 предоставлены значения абсолютных отметок окрайки днища, определенные путем нивелирования, а также абсолютные отметки на момент сдачи резервуара в эксплуатацию. С помощью этих данных определяем абсолютную осадку, находя ее как разность между показателями. Кроме того, чтобы оценить неравномерную осадку по периметру резервуара, находим разность смежных точек, а затем любых точек по периметру.

Таблица 15 – Значения нивелирования крайки днища

№	1 цикл, 31.12.04	21 цикл, 20.09.22	Абсолютная осадка, мм	Разность смежных точек на расстоянии 6 м, мм	Разность любых точек по периметру, мм
	Абсолютная отметка, мм				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

Результаты сравниваем с возможными предельными значениями, указанными в таблице 14. Желтым выделены значения, выходящие за предельные величины.

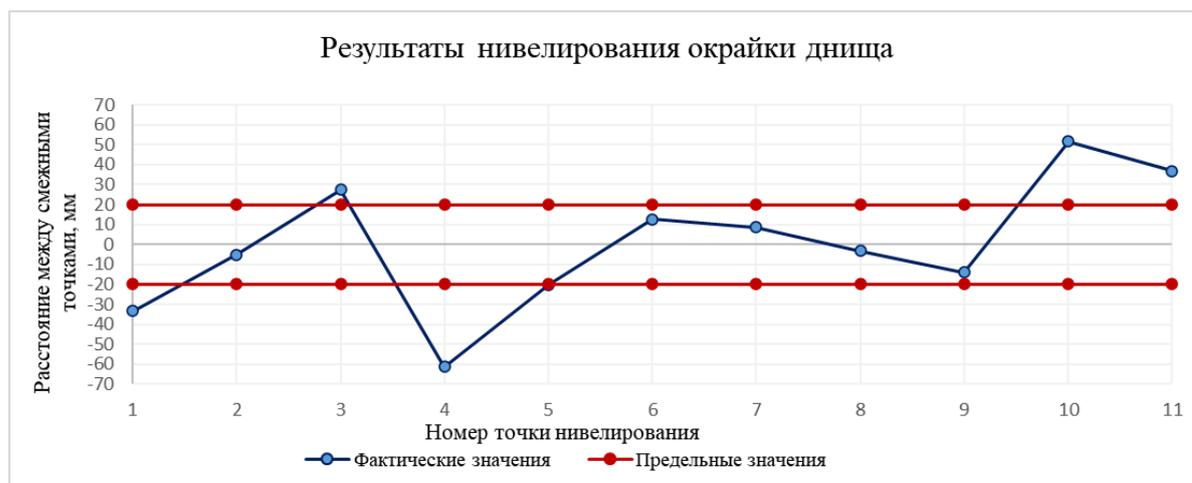


Рисунок 16 – График неравномерной осадки крайки днища

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Относительный крен резервуара следует определять по следующей формуле [37]

$$i = \frac{S_{p \max} - S_{p,m}}{D}, \quad (15)$$

где $S_{p \max}$ – максимальная осадка по периметру резервуара, мм;

$S_{p,m}$ – средняя осадка по периметру резервуара, мм;

D – диаметр резервуара, мм.

$$S_{p,m} = \sum_{i=1}^n \frac{S_{p,i}}{n}, \text{ мм}, \quad (16)$$

$S_{p,i}$ – осадка в i -ой точке, расположенной на периметре резервуара, м;

n – число точек по периметру.

$$S_{p,m} = \text{[REDACTED]} \text{ мм},$$

$$i = \text{[REDACTED]}.$$

Таким образом, наблюдаем, что значение относительного крена превышает предельное, указанное в таблице 14.

Помимо выявленных отклонений от горизонтали днища, превышающих предельные величины, при ВИК обнаружены хлопуны и выпучины на днище, что указывает на неравномерную осадку уже не только по периметру резервуара, но и по его площади.

5. Применение методов для укрепления основания и фундамента;
6. Применение двойного днища.

При имеющихся пустотах под днищем необходимо восстановить проектную высоту насыпи основания [9]. Ленточные и свайные фундаменты с признаками разрушения следует отремонтировать для предотвращения последующего разрушения, в результате чего будет снижена устойчивость конструкции до аварийных значений. Следует восстанавливать защитные обвалования и водоотводящие сооружения, например, каре, так как трещины и другие локальные разрушения создают открытый доступ к воде, что влияет на водонасыщенность грунтов основания, а также увеличивает риск коррозии фундамента и днища резервуара.

Так как объект исследования построен в зоне распространения мерзлого грунта, то изначально при проектировании резервуара в соответствии с СП 25.13330.2020 [39] необходимо было выбрать один из принципов сооружения основания: либо грунты должны сохраняться в мерзлом состоянии на протяжении всего времени эксплуатации сооружения, либо грунты используются в оттаянном или оттаивающем состоянии. Был выбран первый принцип сооружения основания с сохранением грунтов в мерзлом состоянии. Учитывая динамику изменения пространственного положения резервуара, делаем вывод, что необходимо принять меры по дополнительному поддержанию температурного режима грунтов.

4.1 Фундамент с улучшенными теплоизоляционными свойствами

Для сохранения грунтов в мерзлом состоянии предлагается замена имеющейся песчаной подушки средней крупности на подушку из среднезернистого песка с добавлением искусственной добавки на основании патента RU 2 676 778 C1 [40].

Теплоизолирующий материал в качестве искусственной добавки позволяет снизить теплообмен между днищем резервуара и мерзлыми грунтами, а также снизить оттаивание указанных грунтов. В качестве

					Технические мероприятия по повышению устойчивости резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

теплоизолирующего материала предлагается использовать гранулированный вспененный полистирол.

Максимальный объем гранулированного вспененного полистирола находится по формуле

$$V_{\text{п}} = V_{\text{ф}} n, \text{ м}^3, \quad (17)$$

где $V_{\text{ф}}$ – общий объем подушки фундамента, м^3 ;

n – максимальная объемная доля полистирола в общем объеме песчаной подушки.

Общий объем подушки находится по формуле

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{ф}}^2}{4} \cdot h_{\text{ф}}, \text{ м}^3, \quad (18)$$

где $D_{\text{ф}}$ – диаметр фундаментной подушки резервуара, м;

$h_{\text{ф}}$ – высота подушки, м.

$$V_{\text{ф}} = \text{[redacted]} \text{ м}^3.$$

Предельная деформация основания резервуара находится в соответствии с СП 43.13330.2012 [38] по формуле

$$s_{\text{max}} = 0,003R_{\text{ф}} = \text{[redacted]} \text{ м}. \quad (19)$$

Величина относительной вертикальной деформации

$$\varepsilon = \frac{s_{\text{max}}}{h_{\text{ф}}} = \text{[redacted]} \text{ м}. \quad (20)$$

Согласно исследованию [41] добавление теплоизолирующего материала в виде полистирола в песчаный грунт нелинейно влияет на относительную деформацию ε полученной смеси. Данная зависимость представлена на рисунке 17.

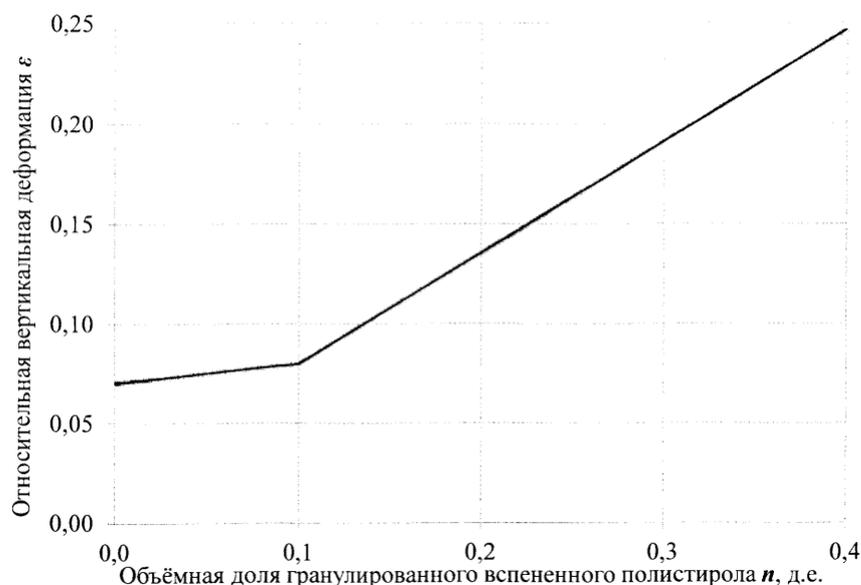


Рисунок 17 – Влияние количество добавляемого теплоизолирующего материала на относительную вертикальную деформацию песчаного грунта

По графику зависимости определяем максимальную объемную долю искусственной добавки в грунт $n = 0,14$.

$$V_{\Pi} = \blacksquare \text{ м}^3.$$

Учитывая объем добавляемого полистирола, находим объем средnezернистого песчаного грунта

$$V_{\Gamma} = V_{\Phi} - V_{\Pi} = \blacksquare \text{ м}^3. \quad (21)$$

Теплопроводность смеси «песок-полистирол» находим по формуле [42]

$$\lambda = \lambda_1 \frac{\nu - (\nu - 1) \left(1 - m_2^{\frac{2}{3}}\right) m_2^{\frac{1}{3}}}{\nu - m_2^{\frac{1}{3}} (\nu - 1)}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}, \quad (22)$$

где λ_1 – коэффициент теплопроводности средnezернистого песчаного грунта;

m_2 – объемная доля добавляемого в песчаный грунт материала, соответственно 0,14;

ν – отношение теплопроводности полистирола к теплопроводности грунта;

$$\nu = \frac{\lambda_{\text{п}}}{\lambda_1} = \text{[redacted]}, \quad (23)$$

где $\lambda_{\text{п}}$ – коэффициент теплопроводности полистирола.

$$\lambda = \text{[redacted]} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Далее определяем во сколько раз происходит снижение теплопроводности песчаного основания

$$\varepsilon = \frac{\lambda_1}{\lambda} = \text{[redacted]} = 1,35 \quad (24)$$

Таким образом, теплопроводность снижается на 35 процентов при данных условиях. Данное значение можно корректировать в большую сторону с помощью увеличения объема песчаного основания.

4.2 Расчет нагрузок на основание

Чтобы определить, способна ли предлагаемая смесь для искусственного основания выдержать имеющиеся нагрузки, необходимо вычислить все нагрузки, которые приходятся на основание при эксплуатации резервуара.

Расчетная вертикальная нагрузка на основание рассчитывается в соответствии с СТО-СА-03-002-2009 для первого расчетного сочетания нагрузок при условиях эксплуатации резервуара [43, таблица П.4.6 Приложения П.4].

Таким образом, необходимо учесть нагрузки от следующих факторов: вес хранимого продукта, вес всех конструкций резервуара, вес оборудования, вакуум, избыточное давление, снеговая и ветровая нагрузки. Сейсмичность не учитывается, к тому же объект исследования не находится в районе повышенной сейсмической опасности, балл сейсмичности района не превышает шести.

Таблица 16 – Исходные данные

Плотность метанола ρ , кг\м ³	
Высота налива продукта H , м	
Нормативное значение избыточного давления p , Па	
Нормативное значение веса снегового покрытия на 1 м ² горизонтальной поверхности земли q , Па	
Нормативное значение вакуума $P_{\text{вак}}$, Па	
Нормативное значение ветрового давления w_0 , Па	
Масса стенки резервуара m_c , кг	
Масса крыши m_k , кг	
Масса днища m_d , кг	
Масса всего оборудования, установленного на резервуаре m_o , кг	
Масса ленточного фундамента под стенкой резервуара m_ϕ , кг	
Радиус ленточного фундамента R , м	

Нагрузка от продукта, хранящегося в резервуаре, то есть метанола, находится по формуле

$$P_{\text{ж}} = \rho g H, \text{ Па}, \quad (25)$$

где ρ – плотность метанола, кг\м³;

H – высота налива продукта, м.

$$P_{\text{ж}} = \text{■■■■■■■■■■} \text{ Па.}$$

Нагрузка от избыточного давления

$$P_{\text{и}} = \gamma_f p, \text{ Па}, \quad (26)$$

где γ_f – коэффициент надежности по нагрузке для избыточного давления или вакуума, принимаемый 1,2;

p – нормативное значение избыточного давления, Па.

$$P_{\text{и}} = \text{■■■■■■■■■■} \text{ Па.}$$

Снеговая нагрузка

$$P_{\text{сн}} = q \mu, \text{ Па}, \quad (27)$$

где q – нормативное значение веса снегового покрытия на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли, Па;

μ – коэффициент перехода от веса снегового покрытия на земле к снеговому покрытию на резервуаре, зависящий от конусности кровли, принимается 0,5;

$$P_{\text{CH}} = \text{■■■■■■■■■■} \text{ Па.}$$

Нормативная нагрузка от вакуума

$$P_{\text{в}} = \gamma_f P_{\text{вак}}, \text{ Па,} \quad (28)$$

где $P_{\text{вак}}$ – нормативное значение разряжения, Па.

$$P_{\text{в}} = \text{■■■■■■■■■■} \text{ Па.}$$

Нормативная нагрузка от ветрового воздействия

$$P_{\text{вет}} = \gamma_{f \text{ вет}} w_0 k c, \text{ Па,} \quad (29)$$

где $\gamma_{f \text{ вет}}$ – коэффициент надежности по нагрузке для ветрового воздействия, принимаемый 0,5;

w_0 – нормативное значение ветрового давления, Па;

k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте, принимаемый 0,85;

c – аэродинамический коэффициент, принимаемый 1.

$$P_{\text{вет}} = \text{■■■■■■■■■■} \text{ Па.}$$

Нагрузка от веса резервуара

$$P_{\text{к}} = \frac{(m_{\text{с}} + m_{\text{к}} + m_{\text{д}} + m_{\text{о}} + m_{\text{ф}})g}{s}, \text{ Па,} \quad (30)$$

где $m_{\text{с}}$ – масса стенки резервуара, кг;

$m_{\text{к}}$ – масса крыши, кг;

$m_{\text{д}}$ – масса днища, кг;

$m_{\text{о}}$ – масса всего оборудования, установленного на резервуаре, кг;

$m_{\text{ф}}$ – масса ленточного фундамента под стенкой резервуара, кг;

s – площадь поперечного сечения в фундаменте резервуара, м^2 , определяемая по формуле

$$s = \pi R^2, \text{ м}^2, \quad (31)$$

					Технические мероприятия по повышению устойчивости резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

где R – радиус ленточного фундамента, м.

$$s = \text{[redacted]} \text{ м}^2,$$

$$P_k = \text{[redacted]} \text{ Па.}$$

Результирующее давление резервуара на основание

$$P = P_k + P_{ж} + P_{и} + P_{сн} + P_{в} + P_{вет}, \text{ Па}, \quad (32)$$

$$P = 3 \text{ [redacted]} \text{ кПа.}$$

Таким образом, резервуар оказывает на основание давление равное [redacted] кПа. Согласно проведенным исследованиям [41], давление, которое выдерживает песчаная подушка с добавлением пенополистирола, равняется 180 кПа. Так как расчетное давление резервуара на основание меньше 180 кПа, следовательно, несущая способность песчаной подушки обеспечивается.

4.3 Комплекс мероприятий

Для того, чтобы осуществить ремонт основания, резервуар необходимо поднять. Традиционным методом осуществление подъема резервуара происходит с помощью приваривания ребер жесткости снаружи резервуара либо приваривание усиливающих ребер внутри резервуара по его контуру, соединяющих стенку и днище. После чего происходит поднятие резервуара с помощью домкратов. Это в значительной мере влияет на напряженно-деформированное состояние резервуара.

Предлагается метод поднятия резервуара и перемещения конструкции на подготовленное временное основание. После того, как изначальное основание будет подготовлено, резервуар возвращается на прежнее место. Полное перемещение резервуара осуществляется с помощью крана. Так или иначе, у данного метода есть свои минусы, но по исследованию [44] предлагаемый метод является более выгодным.

Таким образом, комплекс ремонтных работ по исправлению выявленных осадков резервуара следующий:

					Технические мероприятия по повышению устойчивости резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

1. Подготовка резервуара к ремонтным работам: опорожнение, зачистка и дегазация резервуара;
 2. Очистка резервуара от коррозии внутренней и наружной поверхности конструкции;
 3. Демонтаж технологических трубопроводов и шахтной лестницы;
 4. Подготовка временного основания;
 5. Поднятие резервуара и перенос на временное основание;
 6. Устройство гидроизоляционной системы охлаждения
 7. Замена песчаной подушки, послойная трюмбовка новой возводимой песчаной подушки с добавлением теплоизолирующего материала;
 8. Устройство гидроизоляции из дорнита;
 9. Укладка фундаментных плит;
 10. Устройство цементной подливки;
 11. Устройство гидроизоляции методом смешения песчаного грунта с битумом;
 12. Формирование откосов песчаной подушки и устройство асфальтобетонного покрытия;
 13. Устройство тротуарной плитки на цементно-песчаной смеси на откосы основания;
 14. Установка емкости на подготовленное основание и монтаж технологических трубопроводов;
 15. Восстановление антикоррозийного покрытия;
 16. Гидравлические испытания резервуара на прочность;
 17. Обследование резервуара после испытаний и составление акта о выполненных работах;
 18. Восстановление бетонного каре.
- После чего резервуар можно вводить в эксплуатацию.

					Технические мероприятия по повышению устойчивости резервуара	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Обоснование потребности в материально-технических и трудовых ресурсах

Необходимо провести расчет затрат на проведение мероприятия, но для начала составляем календарный план с указанием выполняемых работ и сроков.

Потребность в рабочих и оборудовании представлена в таблице 1.

Таблица 17 – Состав бригады и оборудование

Состав бригады, оборудование	Количество
Сварочные работы	
Электросварщик 6 разряда	2 чел.
Газорезчик 5 разряд	2 чел.
Выпрямитель сварочный ВДУ-306УЗ	2 шт.
Пост газовой резки	2 шт.
Электроды типа Э50А ГОСТ 9467-75	По расчету
Монтаж и демонтаж металлоконструкций и оборудования	
Монтажник 5 разряда	2 чел.
Монтажник 4 разряда	2 чел.
Лом строительный ЛМ-24 ГОСТ 1405-83	2 шт.
Гаечные ключи двусторонние	1 комплект
Машинка шлифовальная ИЭ-231 А	2 шт.
УШС-3 шаблон сварщиков	4 шт.
Электродержатель ЭА-315	4 шт.
Печь электрическая для прокладки электродов СНО-5,5/5- И 1	1 шт.
Пенал для электродов	4 шт.
Кабель сварочный КРПТ	75 п.м.
Рулетка металлическая	2 шт.
Очки газорезчика со светофильтрами Г1-73	2 шт.
Каска защитная виниловая	По потребности

					Повышение устойчивости резервуара вертикального стального типа РВС-5000 кубических метров на грунтах Ямало-Ненецкого автономного округа			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Мутовкина Е.Д.			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					77	113
<i>Рук. ООП</i> <i>ООП</i>		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		

Продолжение таблицы 17

Комплект одежды	По потребности
Перенос конструкции	
Кран грузоподъемностью до 120 т	1 шт.
Контроль выполненных работ	
Геодезист 3-4 класса	1 чел.
Теодолит 2Т30	1 шт.
Нивелир Н-ЗКЛУ 1	1 шт.
Рейка нивелирная РН-3-3000	1 шт.
Штатив	1 шт.
Дефектоскопист	1 шт.
Комплект ВИК	1 шт.
Рентгеновский аппарат постоянного действия	1 шт.

Таблица 18 – Проводимые работы

Виды проводимых работ	Время выполнения, ч.
Обустройство проезда через обвалования для строительство-монтажной техники	2
Обустройство площадки для резки демонтированных элементов	3
Постройка временных площадок для хранения оборудования и материалов	2
Зачистка резервуара	10
Устройство временного основания	20
Устройство временных распределительных щитов и электропроводки	4
Ремонт днища	40
Замена песчаной подушки	130
Зачистка наружной и внутренне поверхности резервуара, площадок обслуживания и лестниц перед нанесением антикоррозионного покрытия	220
Проведение геодезических измерений	45
Восстановление антикоррозионного покрытия	140
Очистка территории, резка, пакетирование и вывоз мусора	24
Восстановление обвалования резервуара	20

5.2 Расчет затрат на проведение мероприятий по ремонту РВС-5000

м³

Затраты рассчитываются, как сумма элементов:

- затраты на оплату труда;
- материальные затраты;
- отчисления на социальные нужды;
- амортизационные отчисления;
- прочие расходы.

Материальные затраты включают в себя:

- материалы, используемые в производственном процессе;
- запасные части, комплектующие изделия и др. (топливо, вода, а также энергия всех видов, необходимая на производственные нужды);
- работа производственного характера, которая выполняется сторонними организациями;
- содержание и эксплуатация природоохранных сооружений;
- расходы на рекультивацию земель.

Расчет стоимости материалов представлен в таблице 3.

Таблица 19 – Расчет стоимости материалов

Наименование материала	Стоимость материалов, тыс. руб.
Материалы строительные	730
Подъем и перевозка грузов наемным транспортом	200
Материалы для антикоррозионной обработки	150
Материалы для устройства основания	115
Итого	1195

К расходам на оплату труда относятся:

- суммы, начисленные в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий выполняемой работы в соответствии с принятыми на предприятии формами и системы оплаты труда;
- премии за профессиональное мастерство;
- начисления стимулирующего или компенсирующего характера;

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

- надбавки по районным коэффициентам, за работу в районах крайнего Севера;

- суммы по договорам обязательного и добровольного страхования.

Таким образом, заработная плата с учетом надбавок включает в себя:

- оплату по тарифной ставке;
- доплату за классность – 25%;
- премию – 40 %;
- ставку северного коэффициента – 50%;
- ставку районного коэффициента – 70%.

Расчет заработной платы приведен в таблицу 4.

Таблица 20 – Заработная плата сотрудникам

Должность	Количество, чел.	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Норма времени на проведение мероприятия, ч.	Доплата за класс работы, %	Заработная плата с учетом надбавок, тыс. чел.
Мастер базы метанола	1	9	120	1165	25	██████████
Электросварщик	2	6	90	452	25	██████████
Газорезчик	2	5	62	452	-	██████████
Монтажник	2	5	55	800	25	██████████
Монтажник	2	4	49	800	-	██████████
Геодезист	1	4	56	45	25	██████████
Дефектоскопист	1	-	61	100	-	██████████
Маляр	3	-	52	320	-	██████████
Итого	19	-	.	-	-	██████████

Отчисления на социальные нужды определяются суммой единого социального налога по установленным законодательством нормам в процентах от расходов на оплату труда (30%).

Страховые взносы: $1383,505 \cdot 0,3 = 415,1$ тыс. руб.

Сумма амортизационных отчислений определяется исходя из

балансовой стоимости основных производственных фондов и нематериальных активов, и утвержденных в установленном порядке норм амортизации, учитывая ускоренную амортизацию их активной части. Годовая норма амортизации рассчитывается как:

$$N_a = \frac{100\%}{T} \cdot \frac{1}{\alpha} \quad (33)$$

где T – срок полезного использования объекта основных средств, ч.

Расчет амортизационных отчислений представлен в таблице 5.

Таблица 21 – Амортизационные отчисления

Наименование объекта основных фондов	Количество, шт.	Балансовая стоимость, тыс. руб.		Годовая норма амортизации, %	Сумма амортизации за время эксплуатации (1165 ч.), тыс. руб.
		За единицу объекта	Всего		
Выпрямитель сварочный ВДУ- 306УЗ	2	47	94	10	■
Пост газовой резки	2	21	42	11	■
Машинка шлифовальная ИЭ- 231 А	2	3,2	6,4	20	■
УШС-3 шаблон сварщиков	1	1,1	1,1	15	■
Печь электрическая для прокладки электродов СНО- 5,5/5- И 1	1	134	134	18	■
Рулетка металлическая	2	0,4	0,8	12	■
Перенос конструкции					
Кран грузоподъемностью до 120 т	1	930	930	15	■
Теодолит 2Т30	1	45	45	21	■
Нивелир Н-ЗКЛУ 1	1	9	9	14	■
Рейка нивелирная РН-3-3000	1	1	1	10	■
Штатив	1	2,5	2,5	12	■

Продолжение таблицы 21

Комплект ВИК	1	93	93	16	
Рентгеновский аппарат постоянного действия	1	525	525	15	
Итого					

В состав прочих затрат включатся:

- налоги, сборы, отчисления в социальные внебюджетные фонды в порядке, установленном законодательством (земельный налог, экономические платежи, плата за недра и др.);
- платежи по обязательному и добровольному страхованию имущества, учитываемого в составе ОПФ;
- расходы по обслуживанию объектов жилищной и коммунальной сферы (жилой фонд, общежития, детские сады и лагеря, базы отдыха и др.);
- оплата услуг связи, банков, юридических и аудиторских фирм, сторожевой и пожарной охраны, авиационных услуг и др.;
- оплата за аренду помещений (площадей) и основных производственных фондов (лизинг);
- уплата процентов за банковский кредит;
- затраты на гарантийный ремонт и обслуживание;
- командировочные расходы;
- расходы по подготовке и переподготовке кадров и др.

Кроме перечисленных затрат в составе затрат на проведение организационно-технического мероприятия учитываются накладные расходы, связанные с организацией, управлением и обслуживанием производства.

Таким образом, на основании вышеперечисленных расчетов затрат определяется общая сумма затрат на проведение организационно-технического мероприятия.

Таблица 22 – Сумма затрат на проведение ремонта

Состав затрат	Сумма затрат, тыс. руб.	Сумма затрат, %
Материальные затраты		26,8

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

Продолжение таблицы 22

Затраты на оплату труда	■	31,0
Отчисление на социальные нужды	■	9,3
Амортизационные отчисления	■	0,8
Прочие затраты	■	3,6
Итого основные расходы	■	
Накладные расходы (40 % от основных расходов)	■	
Общие затраты на проведение мероприятий	■	100

5.3 Оценка экономической эффективности мероприятия

Экономический эффект от проведения конкретных мероприятий может быть определен в стоимостном выражении. То есть, необходимо сравнить затраты на проведение капитального ремонта с затратами на строительство РВС-5000 м³.

$$\mathcal{E} = C_0 - C_1 = \text{■} \text{ тыс. руб.}, \quad (34)$$

где C_0 – затраты на строительство нового РВС-5000 м³, составляет порядка 19-22 млн. руб.;

C_1 – затраты на проведение капитального ремонта РВС-5000 м³, составляющие ■ тыс. руб.

Таким образом, экономия средств, выраженная как разница между затратами на строительство нового резервуара и затратами на капитальный ремонт РВС, и есть источник эффекта, который составляет минимум ■ тыс. руб.

По результатам проведенных расчетов затрат (представленных в диаграмме), выяснилось, что основная доля затрат идет на оплату труда сотрудников и накладные расходы, связанные с организацией, управлением и обслуживанием производства.

6 Социальная ответственность

Резервуар РВС-5000 м³ установлен в резервуарном парке на базе метанола заполярного НГКМ и предназначен для приема, хранения, учета и отпуска метанола. База метанола располагается в Тазовском районе Ямало-Ненецкого автономного округа.

Климат, в целом, резко-континентальный и характеризуется продолжительной суровой зимой и сильными повсеместными метелями. Основная часть территории сильно заболочена. Вся территория НБиБМ находится за ограждением, обозначена предупредительными и запрещающими знаками.

Соблюдение требований и правил производственной и экологической безопасности является основной задачей при проведении технического обслуживания резервуара и ремонтных работ. Рабочее место в процессе ремонта расположено на открытой местности, где работники могут подвергаться воздействию вредных и опасных производственных факторов, которые возникают при проведении сварочно-монтажных и строительных работ.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Работы по проведению ГРП производятся работниками вахтовым методом, то есть трудовой процесс работников проходит вне места их постоянного проживания. Основные условия, предъявляемые к работникам вахтовым методом: возраст выше 18 лет, отсутствие беременности у женщин, а также отсутствие у женщин детей/ребенка возрастом до трех лет, отсутствие медицинских противопоказаний в медицинском заключении. По трудовому

					Повышение устойчивости резервуара вертикального стального типа РВС-5000 кубических метров на грунтах Ямало-Ненецкого автономного округа			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Мутовкина Е.Д.			Социальная ответственность	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					84	113
<i>Рук. ООП</i>		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		

кодексу РФ срок вахты не должен превышать одного месяца (в исключительных случаях до трех месяцев), период вахты включает в себя как выполнение работ, так и время отдыха между сменами. Работникам предоставляется ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск. Для лиц, работающих в районах Крайнего Севера – 24 дня, в местах, приравниваемых к районам Крайнего Севера – 16 дней.

Работникам вахтовым методом предусматривается выплата суточных надбавок за вахтовый метод работы, также предоставляются надбавки и коэффициенты к заработной плате, социальные пакеты – медицинская страховка, санаторное лечение, пенсионный фонд. Объекты хранения нефти и нефтепродуктов в соответствии с Федеральным законом от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" [45] относятся к категории опасных производственных объектов. Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда в соответствии со Статьей 147 ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 11.04.2023) [46] устанавливается в повышенном размере. Минимальный размер повышения оплаты труда работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, составляет 4 процента тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Эргономичная обстановка рабочей зоны обеспечивает максимально комфортную рабочую позицию, возможность применения новейших методов труда, досягаемость до всех элементов управления и конструкций. Размещение средств оснащения рабочего и предметов труда должно подчиняться основным требованиям, нарушение которых может привести к непроизводительным затратам рабочего времени, энергии и сил работника, его утомлению и ухудшению его внимательности и скорости реакции.

Все элементы конструкций, взаимодействующих с человеком заземлены, укреплены. В рабочей зоне работники обязаны носить специальную одежду, специальную обувь и другие СИЗ на протяжении всего времени работ по

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

техническому обслуживанию резервуара и ремонтных работ. СИЗ должны соответствовать требованиям выполняемой работы с используемыми материалами, необходимые средства индивидуальной защиты: защитные очки, каска, диэлектрические перчатки, СИЗ органов слуха. Работы, выполняющиеся в зимний период, должны быть дополнительно обеспечены противоскользящими насадками на обувь. Работы, связанные с опасностью падения работающего с высоты проводятся с применением предохранительного пояса.

Нормативные документы, регламентирующие нормы обеспечения безопасности рабочих при обслуживании резервуара и ремонтных работ на нем: "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023) [46]; "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 29.12.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.03.2023) [45]; СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение» [47]; ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [48]; ГН 2.2.5.3532–18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» [49]; ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [50]; ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности» [51]; ОНД-90 «Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы. Части 1 и 2» [52].

6.2 Производственная безопасность

Таблица 23 – Опасные и вредные производственные факторы

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003–2015)	Нормативные документы
Ремонтные работы 1) Опорожнение и дегазация резервуара; 2) Очистка резервуара; 3) Подготовка	Чрезмерное загрязнение воздушной среды	ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху

Продолжение таблицы 23

резервуара и оборудования для проведения ремонта; 4) Ремонт резервуара; 5) Гидравлическое испытание резервуара.		рабочей зоны» [50]; ГН 2.2.5.3532–18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» [49]
	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение» [47]
	Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности» [51]
	Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении рабочего	СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [53]
	Пожаровзрывоопасность	ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования. [54] ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. [55]
	Чрезмерно высокая температура материальных объектов производственной среды	СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования [56]
	Движущиеся машины и механизмы	ГОСТ 12.2.003 - 91 ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности. [57]
	Повышенное образование электрических зарядов	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [48]

6.2.1 Анализ потенциально вредных производственных факторов и мероприятия по их устранению

Вредный производственный фактор – фактор производственной среды и (или) трудового процесса, воздействие которого в определенных условиях на

организм работающего может сразу или впоследствии привести к заболеванию, в том числе смертельному, или отразиться на здоровье потомства пострадавшего, или в отдельных специфичных случаях перехода в опасный производственный фактор – вызвать травму.

Чрезмерное загрязнение воздушной среды

Для того, чтобы приступить к проведению капитальному ремонту резервуара необходимо вывести его из работы, произвести откачку метанола, зачистку и дегазацию резервуара. Контроль воздушной среды должен проводиться при проведении работ по дегазации резервуаров, их зачистке и ремонте. Для каждого отдельного случая должна быть разработана и утверждена схема контроля воздушной среды.

В процессе дегазации резервуара (принудительном вентилировании, естественной аэрации, пропарке) контроль воздушной среды необходимо проводить через отверстие на газоотводной трубе, установленной на световом люке через каждые 2 часа.

Контроль проводится в течение всего времени проведения дегазации, пока концентрация паров нефтепродуктов не станет ниже предельно допустимой взрывоопасной концентрации метанола равной 4600 мг/м^3 , и по истечении 2-х часов она не превысит указанное значение. Кроме этого, необходимо через каждый час контролировать концентрацию паров нефтепродуктов на прилегающей территории – в каре и на крыше резервуаров.

В резервуарных парках контроль воздушной среды переносными газоанализаторами должен осуществляться вокруг обвалования на расстоянии 5 - 10 м от него на осевых линиях резервуаров с подветренной стороны, а также у площадок обслуживания и лестниц подъема на резервуар в каре каждого резервуара (в центре каре резервуара).

Резервуар считается подготовленным к зачистным работам, если концентрация внутри резервуара не превышает предельно допустимой взрывоопасной концентрации (ПДВК) нефти или нефтепродукта, а на прилегающей территории – предельно допустимой концентрации (ПДК).

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

В процессе зачистки резервуара контроль воздушной среды проводится в двух противоположных местах на расстоянии 2 м от стенки резервуара, на высоте 0,1 м с периодичностью через каждые 30 минут, после демонтажа крышки люка-лаза и наличии концентрации паров метанола в резервуаре ниже 4600 мг/м³. В каре резервуара, у люка-лаза первого пояса и в местах установки насосного оборудования, с периодичностью не реже 1 часа.

При достижении концентрации паров метанола в резервуаре 4600 мг/м³ (ПДВК), или при обнаружении повышения концентрации паров метанола в сравнении с предыдущим замером, работы должны быть немедленно остановлены, работающие выведены в безопасную зону и приняты меры по установлению источника поступления паров метанола и снижению концентрации путем дополнительного вентилирования резервуара. В случае достижения в каре резервуара концентрации паров углеводородов метанола 5 мг/м³ (ПДК) работы должны быть немедленно прекращены, оборудование отключено, люди выведены из зоны производства работ. Работы могут быть возобновлены после устранения причин загазованности.

После окончания зачистки резервуара, для определения его готовности к сварочно-монтажным работам, проводится контроль воздушной среды внутри резервуара и под днищем.

Внутри резервуара контроль воздушной среды проводится:

- у края резервуара по всей длине окружности не менее чем через 10 метров;
- в верхней зоне - через замерный люк;
- внутри каждого приемо-раздаточного патрубка;
- в отводах стационарной размывающей системы;
- внутри каждого короба понтона или плавающей крыши;
- в направляющих стойках понтона или плавающей крыши;
- в трубопроводах системы пожаротушения и в других внутренних полостях.

Контроль состояния воздушной среды под днищем резервуара

					Социальная ответственность	Лист
						89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

проводится через отверстия диаметром 8 – 12 мм, просверленные на расстоянии 1 метра от уторного уголка с шагом 20 метров по периметру и с шагом 10 метров в направлении к центру резервуара, а также в местах расположения хлопунгов, сквозных коррозионных язв, трещин, свищей и отпотин. Замер уровня загазованности проводится на высоте 20 – 30 мм от уровня днища и под днищем, через просверленные отверстия.

Для контроля воздушной среды используют следующие приборы: Анализатор-течеискатель АНТ-2М; анализатор-течеискатель АНТ-3; газоанализатор КОЛИОН-1В; газоанализатор УГ-2; газоанализатор РасЕх.

При зачистке резервуаров работников необходимо обеспечить средствами индивидуальной защиты: костюмом брезентовым; сапогами кирзовыми; перчатками брезентовыми; шланговыми противогазами, которые обеспечивают подачу пригодного для дыхания чистого воздуха. Продолжительность непрерывной работы в противогазе в резервуаре не более 15 минут, после чего работнику нужно отдыхать на свежем воздухе не менее 15 минут.

Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Для резервуарных парков необходимо предусматривать общее равномерное освещение. Для освещения следует применять прожекторы на мачтах, расположенных за обвалованием. Осветительные устройства, установленные в пределах обвалования резервуаров, должны быть во взрывозащищенном исполнении. Освещенность должна быть не менее 20 лк независимо от применяемых источников света.

При работе вручную, при подъеме или перемещении грузов освещенность места работ должна быть не менее 5 лк и не менее 10 лк при работе с помощью машин и механизмов. Для освещения внутри резервуара необходимо применять переносные аккумуляторные фонари взрывозащищенного исполнения, которые включаются не ближе, чем за 20 м до газоопасной зоны (за каре резервуара). Для работы внутри резервуара средняя освещенность должна быть не менее 30 лк.

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

Повышенный уровень шума

Шум – это самое распространенное явление в промышленном производстве. На рабочем месте он оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания.

Источниками шума являются звуки, вызванные в результате производственной деятельности машин, используемых при ремонте резервуара (лебедки, краны, домкраты, тельферы, оборудование и устройства для резки и сварки металла, автопогрузчики). Действие шума на человека определяется влиянием на слуховой аппарат и многие другие органы и системы организма, в том числе и нервную систему. Допустимые значения уровня шума не более 80 дБА.

Общая классификация средств и методов защиты от шума приведена в ГОСТ 12.1.029-80. Для защиты от прямого воздействия шума при строительно-монтажных работах используют звукоизолирующие экраны, перегородки и средства индивидуальной защиты (СИЗ): противошумные наушники; противошумные вкладыши; противошумные шлемы и каски.

Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды на местонахождении работающего

Так как ремонт резервуара может проводиться как в теплый период времени года, так и в холодный, то рассмотрим требования к организации работ на открытой территории в зимний и летний период года.

Работы в охлаждающей среде проводятся при соблюдении требований к мерам защиты работников от охлаждения. Лиц, приступающих к работе на холоде, следует проинформировать о его влиянии на организм и мерах предупреждения охлаждения.

Охлаждение работающих на открытом воздухе зависит от комплекса факторов: температуры воздуха, скорости ветра, теплозащитных показателей спецодежды и других средств индивидуальной защиты и продолжительности

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

пребывания на открытом воздухе.

Предельные величины температуры и скорости ветра, при которых работы на открытом воздухе должны быть прекращены, устанавливаются для каждого района работы.

При эквивалентной температуре ниже минус 45°С или скорости ветра более 15 м/с при любой отрицательной температуре, выполнение работ на открытом воздухе следует прекращать. В случае необходимости производства работ при более низкой эквивалентной температуре следует предусматривать использование специальных средств защиты, предупреждающих охлаждение организма работающих ниже предельных значений.

Для нормализации теплового состояния и предупреждения переохлаждения организма необходимо проводить, обогрев работающих. Режим обогрева, частота и длительность представляемых регламентированных перерывов устанавливаются в зависимости от эквивалентной температуры и тяжести труда.

Для обогрева и отдыха работающих в зоне производства строительномонтажных работ устанавливаются специально оборудованные мобильные вагоны-дома или другие помещения контейнерного типа. Помещения для обогрева должны размещаться на расстоянии не более 75 м от максимально удаленных рабочих мест.

В помещениях для обогрева должна поддерживаться температура на уровне $25 \pm 1^\circ\text{C}$ в зависимости от эквивалентной температуры на открытой местности, скорость движения воздуха не должна превышать 0,3 м/с, относительная влажность 40 – 60 %. При этом перепад температур воздуха по вертикали не должен превышать 5 °С, а температура поверхности стен опускаться ниже +20 °С. При эквивалентной температуре до минус 25°С обогрев должен осуществляться при температуре воздуха в помещении плюс 24—25 °С. При эквивалентной температуре ниже минус 25 °С в помещении следует поддерживать температуру плюс 25—26 °С.

Обогрев работающих должен проводиться при снятой верхней одежде и

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

обуви. В пунктах для обогрева рекомендуется оборудовать устройства для быстрого согревания рук и ног (столы с обогреваемыми ячейками для рук, обогреваемые ящики-подставки для ног) с возможностью регулирования в них температуры от +30 до +45° С, а также устройства для быстрого прогрева (просушки) рукавиц, головных уборов, верхней одежды и обуви. В помещениях для обогрева следует предусмотреть возможность приготовления и хранения горячих напитков (чай, кофе).

Для защиты от холода работающим должна выдаваться теплая спецодежда и спецобувь с учетом профессии и климатического пояса, в котором ведутся работы. Для улучшения защиты рук от холода рекомендуется при температуре ниже +5° С надевать под защитные рукавицы шерстяные перчатки, а при понижении температуры ниже –20° С меховые рукавицы. Для защиты ног от переохлаждения следует применять утепленную обувь. Рекомендуется валяная обувь с утолщенной подошвой, либо кожаная обувь с влагозащитной пропиткой, вкладышем-утеплителем и вкладной утепленной стелькой. Для защиты ног рекомендуется также одевать две пары шерстяных носок разного размера. Для защиты открытых участков кожных покровов рекомендуется применять жировые вещества, типа гусиного жира.

Работы в условиях нагревающего микроклимата следует проводить при соблюдении мер профилактики перегревания. В целях профилактики перегревания работников при температуре воздуха выше допустимых величин, время пребывания на этих рабочих местах следует ограничить величинами, указанными в таблице 24.

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

Таблица 24 – Зависимость температуры воздуха и время пребывания

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более при категориях работ, ч		
	Iа-Iб	IIа-IIб	III
32,5	1	-	-
32,0	2	-	-
31,5	2,5	1	-
31,0	3	2	-
30,5	4	2,5	-
30,0	5	3	2
29,5	5,5	4	2,5
29,0	6	5	3
28,5	7	5,5	4
28,0	8	6	5
27,5	-	7	5,5
27,0	-	8	6
26,5	-	-	7
26,0	-	-	8

Время непрерывного пребывания на рабочем месте, указанное в таблице, для лиц, не адаптированных к нагревающему микроклимату (вновь поступившие на работу, временно прервавшие работу по причине отпуска, болезни и др.), сокращается на 5 минут, а продолжительность отдыха увеличивается на 5 минут.

Для оптимального водообеспечения работающих целесообразно размещать устройства питьевого водоснабжения (установки газированной воды - сатураторы, питьевые фонтанчики, бачки и т.п.) максимально приближенными к рабочим местам, обеспечивая к ним свободный доступ.

Для восполнения дефицита жидкости целесообразно предусматривать выдачу работающим чая, минеральной щелочной воды, клюквенного морса, молочнокислых напитков (обезжиренное молоко, пахта, молочная сыворотка), отваров из сухофруктов при соблюдении санитарных норм и правил их изготовления, хранения и реализации.

6.2.2 Анализ опасных производственных факторов мероприятия по их устранению

Опасный производственный фактор – фактор производственной среды и (или) трудового процесса, воздействие которого в определенных условиях на организм работающего может привести к травме, в том числе смертельной.

Пожаровзрывоопасность

В процессе хранения метанола в резервуаре, углеводороды при взаимодействии с воздухом, образуют взрывоопасную смесь. Одна из причин образования паровоздушных смесей – это утечки через фланцевые соединения приемо-раздаточных патрубков резервуара.

С целью обеспечения взрыво- и пожаробезопасности в резервуарных парках для паров углеводородов установлена предельно-допустимая взрывобезопасная концентрация ПДВК = 2100мг/м³.

Методы устранения причин взрывов и пожаров в резервуарном парке следующие. Организационные меры:

- выполнение требований проекта производственных работ и наряда-допуска;

- обучение и разработку планов эвакуации людей в случае пожара;

Технические меры:

- обеспечение места проведения огневых работ первичными средствами пожаротушения (огнетушитель ОП-50 – 2шт., асбестовое полотно 2x1,5 -2шт, ящик с песком – не менее 1,5м³, багор и т.д.);

- обеспечение на месте проведения огневых работ пожарного хода.

Чрезмерно высокая температура материальных объектов производственной среды

Сварка, применяемая при капитальном ремонте резервуара, наплавка и резка открытой и полужакрытой электрической дугой являются работами повышенной опасности. Места производства электросварочных и газопламенных работ при отсутствии несгораемого защитного настила или настила, защищенного несгораемым материалом, должны быть освобождены

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

от сгораемых материалов в радиусе не менее 5 м, а от взрывоопасных материалов и оборудования (газогенераторов, газовых баллонов и т.п.) – не менее 10 м. При резке элементов конструкций резервуара должны быть приняты меры против случайного обрушения отрезанных элементов. При сварке на открытом воздухе следует ставить ограждения в случае одновременной работы нескольких сварщиков вблизи друг от друга и на участках интенсивного движения людей. Сварочные работы на открытом воздухе во время дождя, снегопада должны быть прекращены.

Для максимальной защиты лица и глаз используются щитки со светофильтром и покровным стеклом. Сварщик должен обеспечиваться брезентовым или комбинированным комбинезоном, надежно защищающим от искр и брызг расплавленного металла, механических воздействий, влаги, вредных излучений. Одежда, предназначенная для рук, — это краги, предохраняющие руки от электрического напряжения, искр и горячего металла, а также защитная каска, респиратор или противогаз, строительный пояс, наушники, ручные захваты, налокотники и наколенники. При сварочных работах внутри резервуара электросварщик должен обеспечиваться диэлектрическими перчатками, галошами и ковриками.

Движущиеся машины и механизмы

Скорость движения автотранспорта, по территории УПН и вблизи мест производства работ не должны превышать 10 км/ч на прямых участках и 5 км/ч на поворотах. Движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикасания к ним работающего или использованы другие средства (например, двуручное управление), предотвращающие травмирование. Также необходимо соблюдать технику безопасности при работе оборудования, машин и механизмов, а их эксплуатацию должны выполнять только лица, имеющие на это право.

					Социальная ответственность	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Повышенное образование электрических зарядов

Чтобы предупредить возможность случайного проникновения тока и прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением, используются защитные сетчатые и смешанные ограждения (переносные временные ограждения и плакаты). Ограждению подлежат неизолированные токоведущие части выключателей, подающих напряжение на установки. Для защиты от поражения электрическим током персонала необходимо использовать следующие средства индивидуальной защиты: диэлектрические перчатки и галоши (дежурные), резиновые коврики, изолирующие подставки. Для защиты от электрической дуги и металлических искр при сварке необходимо использовать: защитные костюмы, защитные каски или очки. Защита взрывоопасных сооружений и наружных установок от прямых ударов молнии выполняется отдельно стоящими молниеотводами и прожекторными мачтами с молниеотводами. Все металлические, нормально нетоковедущие части электрооборудования, могущие оказаться под напряжением вследствие нарушения изоляции, присоединяются к защитному заземлению. Для защиты от электрической индукции и отвода зарядов статического электричества все технологическое оборудование и аппараты заземляются путем присоединения к защитному контуру заземления или специально сооружаемому для этой цели очагу заземления. Предусматривается глухое заземление нейтрали силовых трансформаторов на стороне низкого напряжения. Сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом. Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала от поражения электрическим током предусматривается защитное зануление и устройства защитного отключения (УЗО). Все металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, подлежат занулению путем электрического соединения с глухозаземленной нейтралью источника питания посредством нулевых защитных проводников.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97

6.3 Экологическая безопасность

Согласно РД 51-1-96 [58] при разработке проектной, прединвестиционной документации по технологическому объекту повышенной опасности необходимо ознакомиться и составить аналитическую документацию, характеризующую воздействие данного объекта на окружающую среду.

Экологический мониторинг в период ремонта резервуаров организуется с целью получения достоверной информации об экологическом состоянии окружающей среды, на которую оказывается воздействие в ходе выполнения строительно-монтажных работ. В задачи мониторинга в период ремонта РВС входят:

- осуществление регулярных наблюдений за техногенным воздействием производственного объекта на компоненты природной среды;
- осуществление регулярных наблюдений за состоянием компонентов природной среды и оценка их изменения;
- анализ и обработка полученных в процессе мониторинга данных.

Результаты экологического мониторинга используются в целях контроля за соблюдением проектных решений при производстве строительных работ, а также за реализацией и эффективностью предусмотренных проектом природоохранных мероприятий, направленных на снижение или ликвидацию отрицательного антропогенного воздействия на природную среду в процессе ремонта, на сохранение и рациональное использование природных ресурсов.

Воздействие на литосферу

В процессе проведения капитального ремонта РВС воздействие на литосферу характеризуется загрязнением почвы производственными отходами, применяемыми при тех или иных технологических процессах. При ремонте резервуаров образуются следующие виды отходов:

- шлам от зачистки резервуаров для хранения нефтепродуктов;
- отработанные обтирочные материалы (ветошь);

					Социальная ответственность	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- огарки сварочных электродов;
- окалина, сварочный шлак;
- твердые отходы при очистке конструкций резервуара от ржавчины и старых лакокрасочных покрытий;
- вода после гидравлического испытания;
- твердые бытовые отходы.

В целях снижения уровня загрязнения литосферы выбросами углеводородов при ремонте резервуаров осуществляют мероприятия по сокращению потерь нефтепродуктов из резервуаров.

Для снижения негативных экологических последствий, возникающих при ремонте резервуаров, которые влияют на почвенно-растительный покров должны быть предусмотрены мероприятия:

- сбор твердых отходов в контейнеры-накопители;
- сооружение подъездных дорог в каре резервуара с покрытием железобетонными дорожными плитами в местах переездов через подземные технологические нефтепроводы и инженерные коммуникации;
- складирование плодородного слоя почвы для последующего его использования при рекультивации нарушенных земель;
- сокращение количества потерь отходов материалов, образующихся при сварочно-монтажных работах;
- сбор кварцевого песка (отработанного);
- сбор отходов ржавчины металла и старого лакокрасочного покрытия;
- утилизация промышленных и бытовых отходов.

Приказом, назначается лицо, ответственное за сбор, временное хранение и организацию своевременного вывоза отходов, образующихся в результате проведения работ.

На участке должен проводиться постоянный контроль за состоянием рабочих емкостей и контейнеров с отходами. Места временного хранения и накопления отходов должны соответствовать требованиям техники безопасности, санитарно-гигиеническим нормам.

					Социальная ответственность	Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Места сбора и накопления отходов должны быть оборудованы углекислотными огнетушителями, ящиками с песком, лопатой, войлоком, кошмой или асбестом.

Воздействие на атмосферу

Загрязняющие атмосферный воздух вещества могут образовываться при проведении нижеперечисленных работ на резервуарах:

- при монтаже или ремонте конструкций резервуара, связанного с электродуговой сваркой, пескоструйной очисткой металлической поверхности резервуара под нанесение защитного антикоррозионного покрытия;
- при обезжиривании металлической поверхности конструкций резервуара протиркой уайт-спиритом;
- при окраске поверхности металлических конструкций эмалевыми красками;
- при работе двигателей транспортной, строительно-монтажной техники.

Наибольшее воздействие на атмосферу представляют различные машины, используемые при ремонте резервуара. Второстепенное воздействие оказывают сварочные работы, работы по резке металла, покрытие резервуаров от коррозии. При работе различных частей машин и механизмов выделяются оксиды углерода, оксиды азота, диоксиды сера, керосин, углерод. При сварочных работах выделяется сварочный аэрозоль, в состав которого входят: оксид железа, марганец и его соединения, пыль неорганическая: 70-20% двуокиси кремния, фтористые газообразные соединения, оксид азота (IV), оксид углерода. Для защиты резервуара от коррозии используются импортные покрывные материалы. Чаще всего покрытие осуществляется методом распыления, что чревато выделением аэрозоля краски. Для снижения уровня загрязнения необходимо:

- использование экологически безопасных источников энергии;
- использование безотходной технологии производства;
- борьба с выхлопными газами автомобилей.

					Социальная ответственность	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Воздействие на гидросферу

В процессе проведения капитального ремонта резервуара, появляется большое количество отходов производства. Утилизация таких отходов должна быть осуществлена только в специально предназначенные для этого места. Не допускается сброс отходов в водные источники, во избежание загрязнений водного ресурса для того, чтобы воздействие при ремонте резервуара было минимальным необходимо проводить следующие мероприятия: все горючесмазочные материалы должны быть слиты в отведенные для этого места; промышленные и бытовые отходы должны быть утилизированы в отведенные для этого места; вывоз отходов должен быть санкционированным и своевременным; мойку и ремонт машин, применяемых при ремонте резервуара необходимо осуществлять только в отведенных для этого местах.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

ЧС – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Под источником чрезвычайной ситуации понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространённую инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация.

Основной характер причин аварий в резервуарном парке – техногенный, то есть не выполнение всех правил безопасности при газопасных и взрывоопасных работах, невыполнение правил для безопасной эксплуатации резервуаров, возникновение неисправностей оборудования резервуара и другое. Аварии в резервуарном парке могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций. Основными причинами возникновения аварий

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

являются: коррозионные разрушения, малые и большие дыхания, перепады температур, вакуум, неверное техническое обслуживание, отказ приборов контроля и сигнализирования, факторы внешнего воздействия (молнии, ураганы и прочее). Из чего следует, что наиболее вероятной ЧС является взрыв и пожар. Для борьбы с возникновением пожаров на рабочем месте устанавливаются ящики с песком, щит с лопатами, ломы, ведрами и огнетушителями. Для контроля за данными средствами назначается ответственное лицо из числа инженерно-технического персонала.

При разработке мероприятий по предупреждению ЧС предусматриваются:

- проведение инженерных изысканий с целью оценки частоты и интенсивности проявлений опасных природных процессов, и установление категории их опасности;
- мероприятия по инженерной защите территории объекта, зданий и т.д. от опасных геологических процессов, затоплений и подтоплений, ветровых и снеговых нагрузок, природных пожаров и т.д.;
- создание системы мониторинга опасных природных процессов и оповещения о ЧС природного характера;
- оповещение населения об опасности, его информировании о порядке действий в сложившихся чрезвычайных условиях;
- инженерную защиту населения и территорий;
- соблюдения обслуживающим персоналом правил эксплуатации оборудования;
- совершенствования пожарной защиты и контроль системы пожарной безопасности;
- своевременное обслуживание техники и оборудования.

Порядок действия при пожаре:

- немедленно сообщить о возникновении пожара в пожарную охрану округа или города;

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

- доложить о возникновении пожара непосредственному начальнику;
- эвакуировать людей (постоянный, переменный состав, посетителей) из прилегающих к месту пожара помещений;
- отключить вентиляционные системы, кондиционеры, закрыть окна и двери в районе возникновения пожара для предотвращения его распространения;
- организовать локализацию и тушение пожара имеющимися силами и средствами;
- организовать тщательную проверку всех задымленных и горящих помещений с целью выявления пострадавших или потерявших сознание сотрудников, обеспечить пострадавших первой медицинской помощью и отправить их в медицинское учреждение;
- организовать встречу пожарной команды, сообщить старшему пожарной команды сведения об очаге пожара, принятых мерах и специфических особенностях объекта, которые могут повлиять на развитие и ликвидацию пожара;
- доложить о сложившейся на объекте ситуации, количестве пострадавших и принятых мерах по ликвидации пожара в Управление по делам ГО и ЧС округа, окружную комиссию по ЧС.

					Социальная ответственность	Лист
						103
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

Резервуары вертикальные стальные служат сооружениями для хранения нефти, газа и нефтепродуктов. Данные объекты нефтегазового комплекса являются опасными с учетом специфики объемов хранящегося потенциально опасного продукта. Аварии, связанные с разрушением резервуаров, наносят огромный ущерб экономике страны и экологии планеты. Одной из основных причин разрушения резервуаров является осадка сооружения. Для выявления дефектов различного рода, которые могут послужить причиной разрушения резервуара, необходимо контролировать техническое состояние объекта. Диагностика происходит различными методами и с помощью различных приборов.

Объектом исследования является резервуар вертикальный стальной объемом 5000 кубических метров. Для оценки технического состояние резервуара были использованы следующие методы неразрушающего контроля: визуально-измерительный контроль, геодезический метод, магнитопорошковый метод и ультразвуковой.

Были проанализированы результаты обследования. Выявленные дефекты при диагностики указали на необходимость в ремонтных работах, которые восстановят положение резервуара в пространстве. Значительные осадки резервуара произошли по причине оттаивания мерзлых грунтов и мерзлого пучения из-за попадания воды в грунт по причине трещин в бетонном каре.

В качестве технического мероприятия по повышению устойчивости резервуара на мерзлом грунте был предложен фундамент с улучшенными теплоизоляционными свойствами. Теплопроводность новой песчаной подушки с добавлением вспененного полистирола меньше на 35 %.

					Повышение устойчивости резервуара вертикального стального типа РВС-5000 кубических метров на грунтах Ямало-Ненецкого автономного округа			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Мутовкина Е.Д.			Заключение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Чухарева Н.В.					104	113
<i>Рук. ООП</i>		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		

Была подсчитана стоимость проведения ремонтных работ, составившая 4466,62 тыс. руб., и эффективность от внедрения предложенного мероприятия для реконструкции основания резервуара, составившая 14533,35 тыс. руб. по сравнению со строительством нового резервуара. Помимо этого, были предусмотрены опасные и вредные факторы, которые потенциально могут проявиться во время проведения ремонтных работ. И были предусмотрены мероприятия для повышения безопасности проведения указанных работ.

					Заключение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

URL: <https://prevdis.ru/normativno-tehnicheskoe-i-organizatsionnoe-obespechenie-bezopasnoj-ekspluatatsii-rezervuarnyh-konstruktsij/>

7. Галеев, В. Б. Аварии резервуаров и способы их предупреждения / В. Б. Галеев, Д. Ю. Гарин, Ю. А. Фролов. - Уфа, 2004. - 164 с.

8. Ростехнадзор [Электронный ресурс] // Уроки, извлеченные из аварий : [сайт]. - 2013-2023. - URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/index.php>. – Загл. с экрана (дата обращения: 19.02.2023);

9. СТО 0030-2004. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Правила технического диагностирования, ремонта и реконструкции: дата введения 2004-01-30;

10. Алексеев Анисий Анисиевич Разрушения при неравномерных осадках днищ резервуаров, эксплуатирующихся в условиях Арктики // European science. 2015. №8 (9). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrusheniya-pri-neravnomernyh-osadkah-dnisch-rezervuarov-ekspluatiruyuschih-sya-v-usloviyah-arktiki> (дата обращения: 19.02.2023).

11. Чепур, П. В. Напряженно-деформированное состояние резервуара при развитии неравномерных осадок его основания : специальность 25.00.19 "Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / П. В. Чепур. – Москва, 2015. – 181 с.;

12. ARGEL [Электронный ресурс] // Экологические загрязнения нефтебаз. Воздействие нефтехранилищ на почву, водную среду и атмосферу : [сайт]. - 2017. - URL: <https://www.vo-da.ru/articles/ochistnye-neftebaz/ecology?ysclid=lh65gwuyn9943586774>. – Загл. с экрана (дата обращения: 19.02.2023);

13. Махотлова М.Ш., Темботов З.М. Влияние нефтяных загрязнений на окружающую среду // МНИЖ. 2016. №3-2 (45). - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-neftyanyh-zagryazneniy-na>

					Список используемых источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

okruzhayuschuyu-sredu (дата обращения: 19.02.2023).

14. Марина Слащева «Черный яд». Как разливы нефти убивают окружающую среду - Текст : электронный // НОЖ : [Электронный ресурс]. – 17.06.2020. – URL: <https://knife.media/black-poison/?ysclid=lh4sf7hhef933441429>

15. ГОСТ Р 58623-2019. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные. Правила технической эксплуатации: дата введения 2019-11-01;

16.14. Руководство по безопасности "Рекомендации по техническому диагностированию сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов" их герметичности;

17. PRS516 [Электронный ресурс] // Методика работ по геодезическому обследованию РВС : [сайт]. - 2018. - URL: <https://prs516.wordpress.com/2018/09/11/методика-работ-по-обследованию-рвс>. – Загл. с экрана (дата обращения: 19.02.2023);

18. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2): дата введения 1977-01-01;

19. ГОСТ 2222-95. Метанол технический. Технические условия: дата введения 2001-01-01;

20. ГОСТ 9293-74. Азот газообразный и жидкий. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, с Поправками N 1, 2): дата введения 1976-01-01

21. ГОСТ 19281-89. Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия (с Изменением N 1): дата введения 1991-01-01;

22. РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю: дата введения 2003-06-11;

23. РД 03-421-01. Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов: дата введения 2001-09-06;

24. ГОСТ 22727-88. Прокат листовой. Методы ультразвукового

					Список используемых источников	Лист
						108
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

контроля: дата введения 1989-07-01;

25. ГОСТ 21105-87. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод (с Изменением N 1): дата введения 1988-01-01;

26. ГОСТ 34347-2017. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия (с Поправкой): дата введения 2018-07-01;

27. СТО Газпром 2-2.3-218-2008. Инструкция по применению магнитопорошкового неразрушающего контроля сосудов, работающих под давлением: дата введения 2009-01-22;

28. ГОСТ 28782-90. (ИСО 7373-87) Ферросплавы. Экспериментальные методы контроля точности сокращения проб: дата введения 1992-01-01;

29. ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые: дата введения 1988-01-01;

30. СТО 00220256-005-2005. Швы стыковых, угловых и тавровых сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика ультразвукового контроля: дата введения 2006-06-01;

31. ГОСТ 22761-77. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия: дата введения 1979-01-01;

32. ГОСТ 9012-59. (ИСО 410-82, ИСО 6506-81) Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю (с Изменениями N 1-5 и Поправками): дата введения 1960-01-01;

33. ГОСТ 23677-79. Твердомеры для металлов. Общие технические требования (с Изменениями N 1, 2): дата введения 1981-01-01;

34. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Поправками, с Изменениями N 1, 2, 3, 4): дата введения 2017-08-28;

35. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4): дата введения 2017-06-04;

36. РД 08-95-95. Положение о системе технического диагностирования

					Список используемых источников	Лист
						109
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов: дата введения 1995-09-01;

37. ВСП 34-01-03 /МО РФ. Руководство по расчету и конструированию металлических резервуаров и трубопроводов на складах горючего МО РФ: дата введения 2003-04-07;

38. СП 43.13330.2012. Сооружения промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85 (с Изменениями N 1, 2, 3): дата введения 2013-01-01;

39. СП 25.13330.2020. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах СНиП 2.02.04-88 (с Изменением N 1): дата введения 2021-07-01;

40. Патент № 2676778 Российская Федерация, СПК E02D 27/35 (2006.01). Фундамент резервуара с улучшенными теплоизоляционными свойствами : № 2018107360 : заявл. 27.02.2018 : опубл. 11.01.2019 / Грузин А.В., Шалай В.В., Крупников В.И. ; заявитель ОГТУ. – 11 с. : ил. – Текст : непосредственный;

41. Беляев, Н. М. Совершенствование конструкции основания вертикальных стальных резервуаров для хранения нефти и продуктов её переработки / Н. М. Беляев, В. С. Ермаков, А. В. Грузин // Новые технологии - нефтегазовому региону : Материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 18–22 мая 2015 года. Том III. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2015. – С. 161-164;

42. Физические величины: Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. - М.:Энергоатомиздат, 1991. - 1232 с.;

43. СТО-СА-03-002-2009. Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов: дата введения 2009-05-19;

44. Тарасенко, А. А. Экономическое обоснование эффективности ремонта основания резервуара с полным перемещением корпуса / А. А. Тарасенко, Л. Н. Руднева, И. С. Симарова // Проблемы устойчивого развития

					Список используемых источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		110

российских регионов : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Тюмень, 14 мая 2015 года. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2015. – С. 142-145;

45. Российская Федерация. Законы. О промышленной безопасности опасных производственных объектов (с изменениями на 29 декабря 2022 года) : Федеральный закон № 116-ФЗ : [Принят Государственной Думой 20 июня 1997 года];

46. Российская Федерация. Трудовой кодекс Российской Федерации (с изменениями на 11 апреля 2023 года) : Кодекс РФ № 197-ФЗ : Принят Государственной Думой 21 декабря 2001 год;

47. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменениями N 1, 2): дата введения 2017-05-08;

48. ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (с Поправкой): дата введения 2019-01-01;

49. ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: дата введения 2018-02-13;

50. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1): дата введения 1989-01-01;

51. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание): дата введения 2015-11-01;

52. ОНД-90. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы. Часть I и II: дата введения 1991-01-01;

53. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: дата введения 1996-10-01;

					Список используемых источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		111

54. ГОСТ 12.1.010-76. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Взрывобезопасность. Общие требования (с Изменением N 1): дата введения 1978-01-01;

55. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1): дата введения 1992-07-01;

56. СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования: дата введения 2001-09-01;

57. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности: 1992-01-01;

58. РД 51-1-96. Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на суше на месторождениях углеводородов поликомпонентного состава, в том числе сероводородсодержащих: дата введения 1996-08-10.

					Список используемых источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		112

Приложение А
(рекомендуемое)

