

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Отделение нефтегазового дела (ОНД)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
«Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров»

УДК 622.692.23-025.71-034.14

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ81	Тюкалов И.Ю.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Шадрина А.В.	д.т.н. доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ООД	Черемискина М.С.	ассистент		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОИЯ	Поздеева Г.П.	к.ф.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Шадрина А.В.	д.т.н., доцент		

Результаты обучения
по Основной образовательной программе подготовки магистров
по направлению **21.04.01 «Нефтегазовое дело»**
профиль подготовки **«Надежность газонефтепроводов и хранилищ»**

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями		
Общие по направлению подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»		
P1	Применять естественнонаучные, математические, гуманитарные, экономические, инженерные, технические и глубокие профессиональные знания в области современных нефтегазовых технологий для решения <i>прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем</i> , соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики)	УК-1; УК-2; УК-3, ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-6; ПК-7; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-23
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования</i> с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в <i>сложных и неопределённых условиях</i> ; использовать <i>принципы изобретательства</i> , <i>правовые основы</i> –в области интеллектуальной собственности	УК-1; УК-2; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-6; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-15; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-22; ПК-23
в области производственно-технологической деятельности		
P3	Проявлять профессиональную <i>осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта</i> ; использовать <i>инновационный подход</i> при разработке новых идей и методов <i>проектирования объектов</i> нефтегазового комплекса для <i>решения инженерных задач развития</i> нефтегазовых технологий, <i>модернизации и усовершенствования</i> нефтегазового производства.	УК-1; УК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-18; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК-23
P4	<i>Внедрять, эксплуатировать и обслуживать</i> современные машины и механизмы для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила <i>охраны</i>	УК-2; УПК-1; ОПК-2; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-3; ПК-6; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-21; ПК-22

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
	здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.	
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P5	Быстро ориентироваться и выбирать оптимальные решения в многофакторных ситуациях, владеть методами и средствами математического моделирования технологических процессов и объектов	УК-2; УК-3; ОПК-1; ОПК-2; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-17; ПК-20
<i>в области проектной деятельности</i>		
P6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при разработке и реализации проектов, проводить экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность	УК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК-23; (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя команды, умение формировать задания и оперативные планы всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести ответственность за результаты работы	УК-1; УК-2; УК-3; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ПК-6; ПК-11; ПК-12; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-23; (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности; активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности	УК-1; УК-2; УК-3; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ПК-6; ПК-11; ПК-12; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-23; (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)
Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»		
P9	Организация технологического сопровождения планирования и оптимизации потоков углеводородного сырья и режимов работы технологических объектов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-6, ОПК-7, ПК-4, ПК-7, ПК-13), требования профессионального стандарта 19.008 Специалист по диспетчерско-технологическому управлению нефтегазовой отрасли
P10	Организация ТОиР, ДО нефте- и газотранспортного оборудования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
		<i>11), требования профессионального стандарта 19.013 " Специалист по эксплуатации газотранспортного оборудования"</i>
P11	Организация работ по техническому обслуживанию, ремонту, диагностическому обследованию оборудования, установок и систем НППС.	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-4, ОПК-5, ПК-9, ПК-14), требования профессионального стандарта 19.053" Специалист по эксплуатации нефтепродуктоперекачивающей станции магистрального трубопровода нефти и нефтепродуктов ".</i>

1. Провести обзор литературных источников, связанных с вопросами повышения безопасной, надежной и эффективной эксплуатации резервуара вертикального стального.
2. Охарактеризовать РВСП-20000 м³, располагающийся на головной НПС г. Омска.
3. Анализ результатов технической диагностики РВСП-20000 м³ и обоснование выбора методов ремонта, определение правил и порядка проведения работ.
4. Провести патентный анализ и выявить оптимальное устройство диагностирования утечек из днища РВСП-20000 м³.
5. Провести поверочный расчет на прочность и устойчивость стенки резервуара по методике, представленной в РД-23.020.00-КТН-018-14. Провести расчет и оценить НДС

	<p>стенки резервуара.</p> <p>Дополнительные разделы:</p> <p>1. «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».</p> <p>2. «Социальная ответственность».</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>- РВСП-20000 м³;</p> <p>- Схема промывки резервуара с понтоном;</p> <p>- Разрез резервуара с устройством диагностирования утечек;</p> <p>- Схема устройства диагностирования утечек из днища резервуара с использованием пластин из разных металлов.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Романюк Вера Борисовна, доцент ОНД
«Социальная ответственность»	Черемискина Мария Сергеевна, ассистент ООД
«Иностранный язык»	Поздеева Галина Петровна, доцент ОИЯ

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	03.02.2020
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Шадрина Анастасия Викторовна	д.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ81	Тюкалов Илья Юрьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ81	Тюкалову Илье Юрьевичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»

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

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчет сметной стоимости выполняемых работ по капитальному ремонту РВСП-20000 м ³ согласно применяемой технике и технологии.
Нормы и нормативы расходования ресурсов	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.
Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 18%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определить стоимость текущих затрат на проведение работ по капитальному ремонту РВСП-20000 м ³
Планирование и формирование бюджета научных исследований	График выполнения работ
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет экономической эффективности проведения капитального ремонта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Диаграмма структуры затрат на проведение капитального ремонта

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ81	Тюкалов Илья Юрьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ81	Тюкалову Илье Юрьевичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»

Тема ВКР:

Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Объектом данного исследования является вертикальный стальной цилиндрический резервуар с понтоном типа РВСП-20000 м ³ . Резервуар расположен на действующей НПС г. Омска и предназначен для приема, хранения и отпуска нефтепродуктов по системе трубопроводов. Рабочая зона расположена на территории производства (резервуарного парка НПС), на открытой местности.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. ГОСТ 21753-76. Система «человек-машина». Рычаги управления. Общие эргономические требования. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
2. Производственная безопасность: 2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов; 2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия.	Вредные факторы: – превышение уровней шума; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – превышение уровней вибрации; – отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе. Опасные факторы: – движущиеся машины и механизмы.
3. Экологическая безопасность.	Анализ воздействия объекта на атмосферу в результате производства работ по ремонту РВС; Анализ воздействия объекта на литосферу в результате образования твердых отходов; Анализ воздействия объекта на гидросферу в результате образования твердых отходов и сточных вод.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Возможные ЧС: пожар на объекте, авария на объекте, возгорание ГСМ, экологическое загрязнение окружающей среды нефтепродуктами (разлив нефтепродуктов), попадание молнии, ураган, лесные пожары. Наиболее типичная ЧС: экологическое загрязнение окружающей среды нефтепродуктами (разлив нефтепродуктов).
--	---

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Черемискина М. С.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ81	Тюкалов Илья Юрьевич		

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Уровень образования магистратура
 Отделение нефтегазового дела (ОНД)
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.02.2020	Обзор литературы	10
17.02.2020	Общие сведения об исследуемом резервуаре	10
02.03.2020	Современные методы, правила и порядок проведения капитального ремонта резервуара	15
23.03.2020	Расчет на прочность и устойчивость стенки резервуара, расчет НДС стенки резервуара	15
20.04.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
29.04.2020	Социальная ответственность	10
14.05.2020	Приложение на иностранном языке	10
20.05.2020	Заключение	5
29.05.2020	Презентация	15
	Итого	100

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Шадрина А.В.	д.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Шадрина А.В.	д.т.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает 121 страницу, 13 рисунков, 20 таблиц, 71 источник, 1 приложение.

Ключевые слова: вертикальный стальной резервуар, капитальный ремонт, диагностика, эффективность эксплуатации, надежность, расчет на прочность, расчет на устойчивость, нефтепродукт.

Объект исследования: вертикальный стальной цилиндрический резервуар с понтоном типа РВСП-20000 м³.

Цель работы: повышение эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП-20000 м³.

В работе исследованы мероприятия, связанные с диагностикой, очисткой, снижением потери продукта в резервуаре, а также обеспечением нормативно-разрешённых технических решений на объекте, которые позволят повысить эффективность эксплуатации РВСП.

В процессе исследования проводился поверочный расчет стенки резервуара на прочность и устойчивость, а также расчет напряженно-деформированного состояния стенки резервуара под эксплуатационными нагрузками.

В результате исследования был проведен обзор литературы по указанной тематике, исследованы современные методы, правила и порядок проведения капитального ремонта, предложена установка нового устройства диагностирования утечек из днища резервуара с использованием пластин из разных металлов.

Область применения: нефтяные предприятия.

					Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата									
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Реферат				Лит.	Лист	Листов		
Руковод.		Шадрина А.В.									11	121	
Консульт.									НИ ТПУ гр. 2БМ81				
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.											

Список сокращений

В выпускной квалификационной работе были применены следующие сокращения:

АЭК – акустико-эмиссионный контроль
 ВИК – визуально-измерительный контроль
 ГСМ – горюче-смазочные материалы
 ЛКП – лакокрасочное покрытие
 МН – магистральный нефтепровод
 НДС – напряженно-деформированное состояние
 НКПРП – нижний концентрационный предел распространения пламени
 НП – нефтепровод
 НПС – нефтеперекачивающая станция
 ПВ – патрубок вентиляционный
 ПВК – капиллярный контроль
 ППР – проект производства работ
 ПРП – приемо-раздаточный патрубок
 РВС – резервуар вертикальный стальной
 РВСП – резервуар вертикальный стальной с понтоном
 СИЗ – средства индивидуальной защиты
 ТЭК – топливно-энергетический комплекс
 УЗК – ультразвуковой контроль
 УЗТ – ультразвуковая толщинометрия
 ЧС – чрезвычайная ситуация
 ЭПБ – экспертиза промышленной безопасности

					Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Список сокращений			Лит.	Лист	Листов		
Руковод.		Шадрина А.В.								12	121	
Консульт.								НИ ТПУ гр. 2БМ81				
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.										

Оглавление

Введение.....	15
Обзор литературы.....	17
1. Общая характеристика исследуемого резервуара	24
1.1. Климатическая характеристика района.....	24
1.2. Характеристика резервуара.....	25
2. Оценка состояния РВСП-20000 м ³	29
2.1. Методы диагностики исследуемого резервуара	30
2.1.1. Осмотр.....	30
2.1.2. Визуальный и измерительный контроль (ВИК)	31
2.1.3. Ультразвуковая толщинометрия (УЗТ)	31
2.1.4. Ультразвуковой контроль (УЗК).....	33
2.1.5. Капиллярный контроль (ПВК)	33
2.1.6. Акустико-эмиссионный контроль (АЭК).....	33
2.1.7. Геодезические измерения	34
3. Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	36
3.1. Технические решения	36
3.2. Вывод резервуара из эксплуатации.....	37
3.3. Зачистка резервуара	39
3.4. Ремонт металлоконструкций резервуара.....	43
3.5. Ремонт первого пояса стенки РВСП методом замены.....	44
3.6. Ремонт днища резервуара	47
3.7. Ремонт понтона	49
3.8. Ремонт люков и патрубков стенки резервуара	51
3.9. Замена вентиляционных патрубков	52
3.10. Гидравлические испытания резервуара.....	54
3.11. Нанесение антикоррозионного покрытия	56

					<i>Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Оглавление		Лит.	Лист
Руковод.		Шадрина А.В.						13
Консульт.								Листов
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.						121
					НИ ТПУ гр. 2БМ81			

4. Патентный анализ	62
5. Расчетная часть.....	73
5.1. Исходные данные для расчета	73
5.2. Расчет номинальной толщины стенки в каждом поясе	74
5.3. Поверочный расчет стенки резервуара на прочность	77
5.4. Поверочный расчет стенки резервуара на устойчивость.....	81
5.5. Расчет напряженно-деформированного состояния стенки РВСП- 20000 м ³	84
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	88
6.1. Нормативная продолжительность работ	88
6.2. Расчет сметной стоимости работ по ремонту РВСП-20000 м ³	89
6.3. Оценка экономической эффективности мероприятия	95
7. Социальная ответственность	96
7.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	96
7.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.	96
7.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	98
7.2. Производственная безопасность	100
7.2.1. Анализ вредных производственных факторов	101
7.2.2. Анализ опасных производственных факторов	104
7.3. Экологическая безопасность.....	105
7.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	108
Заключение	113
Список использованных источников	114
Приложение А	122

Введение

Вертикальные стальные цилиндрические резервуары являются самым распространенным видом емкостей для хранения, приема, отпуска и учета нефтепродуктов. Общий объем резервуарного парка ТЭК России сегодня превышает 50 млн м³.

Резервуары предназначены для приемки, хранения, отпуска, учета нефти и нефтепродуктов и являются ответственными инженерными конструкциями.

Практически каждый из них представляет собой объект повышенной опасности для персонала предприятий и окружающей среды. Аварии крупных стальных резервуаров, сопровождающиеся разливом огромных масс жидкости, могут привести и приводили к катастрофическим последствиям с человеческими жертвами, нарушениям нормальной эксплуатации, а также к значительному загрязнению окружающей среды. Обеспечение высокой надежности при проектировании и строительстве резервуаров и условий их безаварийной эксплуатации является актуальной задачей, решение которой имеет большое значение.

Перспективы освоения нефтегазовых регионов России приведут к необходимости сооружения новых резервуаров и резервуарных парков. Это, в свою очередь, потребует совершенствования решений для их эффективной эксплуатации, постоянного контроля (мониторинга) за состоянием.

Так как от надежности резервуара напрямую зависит его эффективная эксплуатация, безопасность предприятия и работоспособность системы ликвидации чрезвычайных ситуаций, то проблема надежности и долговечности сооружений объектов магистральных нефтепроводов играет важную роль в отрасли транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов.

					Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Введение			Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Шадрина А.В.								15	121
Консульт.								НИ ТПУ гр. 2БМ81			
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.									

Именно поэтому в процессе сооружения или капитального ремонта резервуара недопустимы погрешности и брак.

Цель работы: повышение эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП-20000 м³.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи:**

1. Провести обзор литературных источников, связанных с вопросами повышения безопасной, надежной и эффективной эксплуатации резервуара вертикального стального.
2. Охарактеризовать РВСП-20000 м³, располагающийся на головной НПС г. Омска.
3. Анализ результатов технической диагностики РВСП-20000 м³ и обоснование выбора методов ремонта, определение правил и порядка проведения работ.
4. Провести патентный анализ и выявить оптимальное устройство диагностирования утечек из днища РВСП-20000 м³.
5. Провести поверочный расчет на прочность и устойчивость стенки резервуара по методике, представленной в РД-23.020.00-КТН-018-14. Провести расчет и оценить НДС стенки резервуара.
6. Провести расчет сметной стоимости работ по капитальному ремонту РВСП-20000 м³.
7. Рассмотреть вопросы, касающиеся социальной ответственности.

Объект исследования: вертикальный стальной цилиндрический резервуар с понтоном типа РВСП-20000 м³.

Предмет исследования: комплекс мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП-20000 м³.

					Введение	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Обзор литературы

Резервуар вертикальный стальной (РВС) является основным сооружением по приему, хранению, учету и отпуску нефтепродуктов. Из-за своих размеров и вероятности возникновения пожаров и взрывов, резервуары относятся к особо опасным объектам [1].

В ходе данного исследования рассмотрен комплекс мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном, который включает в себя очистку резервуара, его диагностику, реконструкцию (капитальный ремонт), а также борьбу с потерями нефтепродуктов.

В процессе эксплуатации резервуары подвергаются комплексу воздействий статических, малоцикловых, снеговых и ветровых нагрузок, температур и агрессивных рабочих сред, также образуются несовершенства геометрической формы. Перечисленные факторы приводят к значительному уменьшению несущей способности конструкции, снижению эксплуатационной надежности и сокращению долговечности резервуарных конструкций. Кроме того, современные нормативные документы [2-6] не устанавливают предельного срока службы резервуаров. Основанием для демонтажа резервуара являются лишь результаты диагностического обследования (в частности, численного моделирования). Методы численного моделирования (например, определение напряженно-деформированного состояния резервуара), в отличие от стандартных методов расчета на прочность и устойчивость, позволяют на этапе разработки геометрической модели создать адекватную конечно-элементную модель.

Стоит отметить, что надежность нефтепроводной системы напрямую связана с надежностью резервуара, и не может обходиться без контроля состояния, анализа и устранения различных видов дефектов. А при

					Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Обзор литературы		
Руковод.		Шадрина А.В.					
Консульт.							
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.					
						Лит.	Лист
							17
							121
						НИ ТПУ г.р. 2БМ81	

игнорировании норм безопасности и требуемых регламентов проверки могут произойти катастрофические последствия, наносящие значительный вред окружающей среде, персоналу и соседним сооружениям [1].

Первые отечественные работы, посвященные проблемам эффективной и надежной эксплуатации резервуаров, появились в 60-70 годы XX века: это труды В.Л. Березина, В.Е. Шутова, А.Г. Гумерова, Э.М. Ясина, М.К. Сафаряна [23-29]. В данных работах установлено, что надежная работа резервуара зависит от его напряженно-деформированного состояния. Задача определения количественной оценки надежности и эффективности в данных работах не велась, однако была отмечена необходимость таких исследований.

В силу того, что резервуары представляют собой металлоконструкции, находящиеся в сложном напряженно-деформированном состоянии, и вследствие чего подвергаются нагрузкам, обозначенным выше, в процессе их эксплуатации могут появляться различные дефекты. Поскольку дефекты снижают эксплуатационную надежность и эффективность резервуаров, необходимо регулярно организовывать их техническое диагностирование, направленное на своевременное выявление дефектов.

Методы диагностики технического состояния РВС описаны в работах [10-11]. Авторами рассматриваются методы неразрушающего контроля, позволяющие определять возможность дальнейшей эксплуатации резервуара без остановки плановой работы, планировать порядок ремонтных работ и оставшийся срок безопасной службы.

Диагностике и капитальному ремонту резервуаров вертикальных стальных также посвящены работы Г.М. Гималетдинова [12-13].

Проблемам безопасности, эффективности и надежности резервуаров посвящено большое количество трудов. Например, в работе [7] рассматривается задача оценки напряженно-деформированного состояния РВС с дефектами, имеющими непростую историю возникновения и развития. Сложность заключается в том, что рассматривается конструкция, которая из-за неправильного монтажа имеет существенные дефекты общей площадью

					Обзор литературы	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

100 м², вызванные прогибом в некоторых зонах резервуара. Задача решается путем математического моделирования напряженно-деформированного состояния исследуемой конструкции и экспериментального исследования поведения элементов конструкции.

В статье [8] авторами рассматривалось поведение резервуара вертикального стального объемом 5000 м³, имеющего локальные дефекты стенки. В ходе работы были исследованы численная модель объекта и области возникновения критических напряжений, а также рассчитана остаточная несущая способность его стенки. Проведенные расчеты учитывали все несовершенства геометрии стенки резервуара. На основе исследований производилось тщательное изучение возможных схем усиления дефектных участков конструкции. Результаты показали, что концентрация напряжений является главной причиной разрушения резервуара.

В работе [9] представлена разработанная авторами численная модель резервуара с трубным коллекторным агрегатом. Модель полностью учитывала все параметры объекта. В данной статье решена задача соединения трубопровода со стенкой с учетом неподвижного соединения на основе «скрепленного» контакта. Рассмотрены особенности контактного взаимодействия коллекторных трубопроводов с опорами скольжения. Таким образом, по результатам расчетов получены новые зависимости максимальных эффективных эквивалентных напряжений в металле в зоне соединения коллекторных трубопроводов со стенкой от расчетного значения. Полученные зависимости позволяют определить области возникновения предельных состояний, в соответствии с которыми принимается оперативное решение о необходимости ремонта или возможности продолжения эксплуатации резервуара.

В каждой из статей [7-9] производится анализ напряженно-деформированного состояния разных элементов конструкции резервуара. Анализируя работы, можно сделать вывод, что исследование напряженно-

					Обзор литературы	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

деформированного состояния резервуара помогает оценить его текущее состояние, а также выявить участки, наиболее подверженные риску разрушения. Это позволяет принимать решения о дальнейшей эксплуатации резервуара, проведении ремонта или же его демонтаже, что является важным фактором, влияющим на показатели надежности всей нефтепроводной системы.

Немаловажную роль на эффективность эксплуатации резервуара оказывает этап проектирования. В работах [21-22] рассмотрены конструктивные особенности резервуаров и емкостей для хранения нефтепродуктов. Авторы указывают на наиболее эффективные проектные решения в различных условиях эксплуатации, которые помогут снизить эксплуатационные расходы, гарантируют долгую и надежную работу на протяжении всего срока службы с точки зрения экологической и пожарной безопасности.

На этапе проектирования, для того чтобы получить конструкцию, которая будет полностью соответствовать всем требованиям нормативно-технической документации, специалистами проводятся расчеты различных параметров резервуара (например, расчет геометрических характеристик РВС, расчет на прочность и устойчивость стенки РВС, расчет потерь нефтепродукта от больших и малых дыханий и др.).

Чтобы РВС сохраняли свою геометрию, были герметичны и не подвергались деформации под нагрузками, необходимо грамотно выполнить расчеты металлоконструкций. В работе [20] авторами изложены основные вопросы расчета и конструирования вертикальных стальных цилиндрических резервуаров.

В [14] приведены краткие сведения о свойствах нефтепродуктов, справочные данные о резервуарах. Рассмотрен порядок расчета вместимости резервуарных парков нефтепроводов, а также нефтебаз. Приведен порядок исчисления естественной убыли нефти и нефтепродуктов, а также методики определения их фактических потерь при транспортировке и хранении.

					Обзор литературы	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Работа В.Н. Александрова [15] посвящена повышению работоспособности нефтяных резервуаров на основе комплексного подхода, основанного на анализе результатов обследования, совершенствования конструкции и технологии эксплуатации, оценки эффективности капитального ремонта. В диссертации автором выполнен анализ технического состояния резервуаров и определены основные факторы, обеспечивающие работоспособность; исследованы показатели работоспособности резервуаров при применении новых конструктивных решений при строительстве и ремонте; проведен анализ существующих методов и технологий предотвращения и удаления нефтеосадков и предотвращение их накопления при применении механических перемешивающих устройств; разработаны методы оценки эффективности подготовки и капитального ремонта резервуаров. В результате исследования разработан метод классификации и ранжирования дефектов резервуаров по признакам предельных состояний элементов резервуаров; сформулированы основные факторы и параметры работоспособности резервуаров на этапах проектирования, строительства и эксплуатации; разработан метод оценки параметров процесса предотвращения образования нефтеосадков с использованием перемешивающих устройств.

В работе В.А. Буренина [19] предложена система прогнозирования индивидуального остаточного ресурса стальных вертикальных резервуаров, позволяющая накапливать, обобщать и анализировать опыт эксплуатации РВС и на основании этого анализа совершенствовать систему прогнозирования. В диссертации разработана концепция создания системы прогнозирования индивидуального остаточного ресурса резервуаров, позволяющей совершенствовать качество моделей прогнозирования по мере накопления информации о фактическом состоянии РВС; разработаны методы прогнозирования индивидуального остаточного ресурса стальных вертикальных резервуаров; разработаны методы формализации обобщения и анализа опыта эксплуатации.

					Обзор литературы	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

По экономическим и экологическим соображениям одна из важнейших задач при транспортировке и хранении нефтепродуктов – борьба с потерями. А они, как правило, происходят из-за испарения, реже – из-за разливов.

Работы [16-17] посвящены анализу и обобщению накопленного опыта по сокращению потерь нефти и нефтепродуктов. В них рассматриваются способы предотвращения и снижения потерь при транспорте, хранении и эксплуатации, позволяющие минимизировать потери от испарения легких фракций нефти. Решается проблема путем постоянной герметизации резервуаров и других элементов нефтетранспортной системы. Добиться этого можно, если своевременно устранять неплотности в конструкциях и соединительных швах резервуаров, постоянно проверять наличие прокладок во всех соединениях труб, контролировать качество используемой аппаратуры, в частности дыхательной арматуры.

Для сокращения потерь от испарения из вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов используют различные типы плавающих покрытий. В работе [18] авторами разработана классификация понтонов с основными конструктивными особенностями с учетом характеристик плавучести, остойчивости, непотопляемости, для резервуаров типа РВС со стационарной крышей. На этой основе определены наиболее актуальные вопросы для повышения эксплуатационной надежности РВС с понтонами. Описаны проведенные экспериментальные исследования по налипанию нефти и нефтепродуктов на металлическую и пенополиуретановую поверхности. Получены зависимости коэффициента налипания на металлические и пенополиуретановые покрытия от кинематической вязкости нефти и нефтепродуктов.

Случаи из практики резервуаростроения показывают, что при проектировании, строительстве и ремонте резервуаров, находящихся под действием эксплуатационных нагрузок, приходится решать важные задачи, направленные на обеспечение их безопасной и эффективной эксплуатации. Поэтому повышение длительной прочности, эффективности и надежности

					Обзор литературы	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

вновь сооружаемых резервуарных конструкций, а также продление сроков службы действующего парка резервуаров, является весьма актуальной проблемой.

1. Общая характеристика исследуемого резервуара

1.1. Климатическая характеристика района

Район города Омска относится к умеренной климатической зоне с резко-континентальным климатом лесостепи Западно-Сибирского пояса. Его отличает обилие солнечного света. Средняя продолжительность солнечного сияния за год составляет 2223 часа.

Средняя годовая температура воздуха плюс 2,1°C. Среднегодовая продолжительность гроз от 40 до 60 часов. Среднегодовая скорость ветра – 2,8 м/с. Среднегодовая влажность воздуха – 71%.

Климатические параметры холодного периода года

Средняя температура воздуха в январе минус 19,2 °С. Абсолютная минимальная температура воздуха – минус 49°C.

Средняя месячная относительная влажность наиболее холодного месяца составляет 80%. Количество осадков за ноябрь-март – 79мм. Средняя высота снежного покрова – 266 мм. Преобладающее направление ветра за декабрь-февраль юго-западное.

Климатические параметры теплого периода года

Средняя температура воздуха в июле плюс 18,3°C. Абсолютная максимальная температура воздуха плюс 41°C.

Средняя месячная относительная влажность наиболее теплого месяца – 68 %. Количество осадков за апрель-октябрь – 296 мм. Преобладающее направление ветра за июль-август северо-западное.

Согласно карте общего сейсмического районирования (ОСР-97 карты В, С) сейсмическая активность территории составляет 5 баллов шкалы MSK-64, т.е. территория сейсмически неопасная.

					Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Общая характеристика исследуемого резервуара			Лит.	Лист	Листов		
Разраб.		Тюкалов И.Ю.								24	121	
Руковод.		Шадрина А.В.						НИ ТПУ г.р. 2БМ81				
Консульт.												
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.										

Согласно данным инженерно-геологического районирования территории России участок работ расположен в южной части Западно-Сибирской равнины, характеризующейся равнинным рельефом.

1.2. Характеристика резервуара

Исследуемый объект – резервуар вертикальный стальной цилиндрический с понтоном типа РВСП-20000 м³ (рисунок 1). Исследуемый резервуар входит в состав резервуарного парка НПС г. Омска, которая является головной станцией и предназначена для приема, хранения и перекачки нефти по системе трубопроводов.



Рисунок 1 – РВСП-20000 м³

Технологические параметры резервуара

- тип резервуара – РВСП-20000;
- дата приемки и ввода в эксплуатацию – 1990 г;
- высота стенки – 17880 мм;
- диаметр резервуара – 39900 мм;
- номинальный объем – 20000 м³;
- геометрический объем – 22345 м³;
- форма стационарной крыши – стальная сферическая;

					Общая характеристика исследуемого резервуара	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- вид продукта, хранимого в резервуаре на момент проведения диагностики – товарная нефть, 0,53 % серы, плотность 871,0 кг/м³;
- срок эксплуатации резервуара – 30 лет;
- верхний аварийный уровень нефти 16150 мм;
- верхний допустимый уровень нефти 16064 мм;
- верхний нормативный уровень нефти 15804 мм;
- нижний нормативный уровень нефти 1669 мм;
- нижний допустимый уровень нефти 1461 мм;
- нижний аварийный уровень нефти 1375 мм;
- максимально допустимый уровень разлива воды при гидроиспытании 16150 мм;
- максимальная скорость заполнения/опорожнения резервуара (ограничение по скорости движения понтона) составляет 3,5 м/ч;
- реальная скорость движения понтона при производительности заполнения/опорожнения 1300 м³/час составляет 1,04 м/ч.

Таблица 1 –Толщины элементов резервуара

Конструктивные элементы резервуара	Толщина, мм	Марка стали
Стенка 1-й пояс	18,0	09Г2С
Стенка 2-й пояс	16,0	
Стенка 3-й пояс	14,0	
Стенка 4-й пояс	13,0	
Стенка 5-й пояс	12,0	
Стенка 6-й пояс	11,0	
Стенка 7-й пояс	10,0	
Стенка 8-й пояс	10,0	
Стенка 9-й пояс	10,0	
Стенка 10-й пояс	10,0	
Стенка 11-й пояс	10,0	
Стенка 12-й пояс	10,0	
Днище (центральная часть)	6,0	
Днище (окрайка)	9,0	

РВСП имеет 12 поясов. Монтаж резервуара осуществлялся методом рулонирования из четырех рулонов. Высота резервуара составляет 17880 мм, а его радиус равен 19950 мм. Общая устойчивость стенки и ее защита от ветровых нагрузок осуществляется за счет кольца жесткости, установленного сверху РВСП.

Резервуар имеет сферическую крышу, состоящую из системы кольцевых и радиальных балок. Для обслуживания резервуара предназначена шахтная лестница и площадка обслуживания, находящаяся на кровле.

Также резервуар имеет стальной понтон, который плавает на поверхности нефтепродукта по двум направляющим (рисунок 2). Диаметр понтона на 400 мм меньше диаметра резервуара. Понтон представляет собой тонкостенный диск, снизу которого расположены цилиндрические поплавки. В силу того, что поплавки погружаются в нефтепродукт лишь на 50 %, между понтоном и зеркалом жидкости образуется свободное пространство, заполняемое парами нефтепродукта.

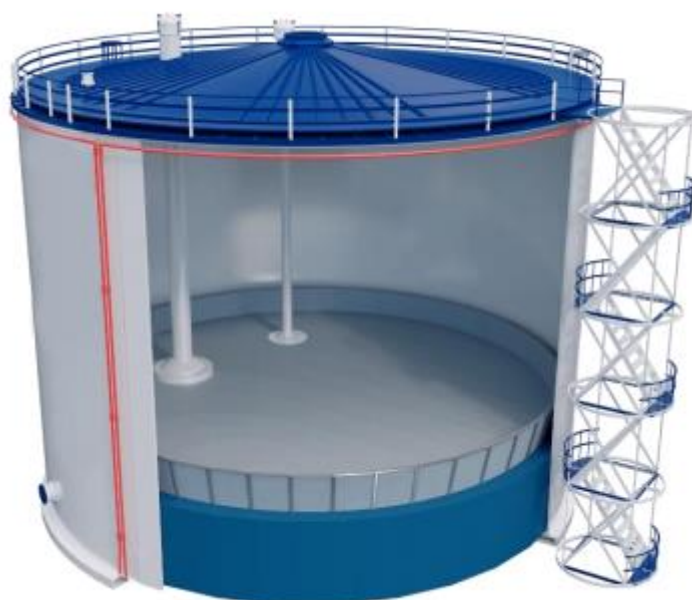


Рисунок 2 – РВСП

					Общая характеристика исследуемого резервуара	Лист 27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Днище резервуара состоит из его центральной части и окрайки и имеет уклон от центра к периферии 1:100. Рулоны центральной части днища соединены нахлесточным швом, а сами рулоны выполнены стыковыми швами. Центральная часть с окрайкой соединяются нахлесточным швом. Сегменты окрайки на подкладке соединены стыковым швом. Соединение стенки с днищем выполнено тавровым швом.

Данные об основании фундамента резервуара:

- грунт, на котором устроена подушка – глина;
- нижний слой подушки выполнен из среднезернистого песка толщиной 500 мм;
- верхний слой подушки выполнен из песка с жидким битумом толщиной 100 мм;
- откосы подушки укреплены бетонными плитами;
- вертикальные размеры фундамента – высота 400 мм;
- тип фундамента – монолитный железобетонный пояс.

					Общая характеристика исследуемого резервуара	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Оценка состояния РВСП-20000 м³

Резервуар находился в эксплуатации более 30 лет, после частичного диагностирования прошло 5 лет. Аварий и отказов за период эксплуатации зафиксировано не было.

Техническая диагностика проводится в соответствии с периодичностью проведения технического диагностирования вертикальных цилиндрических стальных резервуаров [30].

Целью проведения обследования и технической диагностики резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП-20000 м³, является:

- 1) оценка технического состояния;
- 2) оценка соответствия требованиям промышленной безопасности;
- 3) определение возможности и срока дальнейшей безопасной эксплуатации.

Методика проведения технического диагностирования

С целью определения фактического технического состояния сооружения и соответствия требованиям нормативно-технических документов были проведены следующие работы:

- 1) анализ документации;
- 2) техническое диагностирование;
- 3) расчет напряженно-деформированного состояния (НДС).

При анализе конструкций резервуара, предыдущих ЭПБ, выявленных дефектов и требований нормативных документов были выбраны наиболее эффективные методы неразрушающего и разрушающего контроля выявленных дефектов, образующихся в результате установленных механизмов повреждения.

Техническое диагностирование сооружения проведено в соответствии с

					Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата									
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Оценка состояния РВСП-20000 м³				Лит.	Лист	Листов		
Руковод.		Шадрина А.В.									29	121	
Консульт.									НИ ТПУ гр. 2БМ81				
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.											

требованиями программы диагностики и включало в себя:

- анализ эксплуатационной, проектной и ремонтной документации, результатов проведенных ранее экспертиз промышленной безопасности, материалов расследования аварий (при их наличии);
- внешний осмотр, визуальный и измерительный контроль (в том числе измерение расстояния между понтоном и стенкой резервуара, измерение отклонений направляющих понтона резервуара);
- ультразвуковая толщинометрия;
- контроль геометрической формы стенки и нивелирование окрайки днища сооружения (геодезический контроль);
- ультразвуковой контроль сварных швов и капиллярная дефектоскопия;
- измерение твердости основного металла, определение химического состава металла, измерение микротвердости;
- выполнение математических расчетов на прочность и устойчивость стенки резервуара;
- гидравлическое испытание с применением акустико-эмиссионного метода.

2.1. Методы диагностики исследуемого резервуара

2.1.1. Осмотр

Осмотр резервуара осуществляется без специального оборудования для выявления явных дефектов резервуара. По итогам визуального осмотра заполняется акт осмотра, где указываются:

- несоответствие конструкции резервуара проектным документам;
- явные поверхностные дефекты конструкций резервуара;
- отсутствие каких-либо элементов конструкции;
- наличие повреждений механического или коррозионного характера;
- наличие сквозных отверстий, протечек, отпотин и т.п [31].

					Оценка состояния РВСП-20000 м ³	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.1.2. Визуальный и измерительный контроль (ВИК)

ВИК основан на взаимодействии светового излучения с контролируемым объектом. Метод широко распространен благодаря большому разнообразию способов получения первичной информации о присутствии наружных дефектов.

Поверхность осмотра должна быть очищена от нефтепродуктов и грязи, подлежат удалению защитные покрытия (при наличии) на участках, где имеются явные признаки нарушения целостности поверхности металла.

Визуально-измерительный контроль осуществляется при освещенности не менее 500 Лк. Расстояния до диагностируемого объекта должно составлять не более 300 мм. ВИК проводят с использованием простых приборов (рулетка, лупа, штангенциркуль и др.).

При ВИК конструкцию резервуара проверяют на:

- поверхностные дефекты и трещины;
- несоответствие геометрических форм конструкции проектным документам;
- наличие повреждений механического или коррозионного характера;
- правильное размещение элементов конструкции резервуара (соответствие нормативно-технической документации).

При выявлении недопустимых вмятин (выпучин), угловатостей стенки или окрайки в области сварного шва наносят сетку с шагом 20 см, площадью более размеров вмятины (выпучины), угловатости на один шаг, для измерения деформации стенки.

По результатам ВИК обнаруженные дефекты и повреждения заносят в акт визуально-измерительного контроля. В случае обнаружения отпотин и других мест возможного возникновения дефектов проводят дополнительный контроль с помощью специального оборудования (ПВК, УЗК).

2.1.3. Ультразвуковая толщинометрия (УЗТ)

За фактическую толщину каждого пояса стенки, днища, крыши, люков

					Оценка состояния РВСП-20000 м ³	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

и патрубков принимается минимальное значение результатов измерений.

Измерения выполняются на:

- 1, 2 поясах резервуара на каждом листе соответственно по 9 точек по краям и в центре листа, на 3 поясе в трех точках по высоте пояса по восьми образующим стенки, на остальных поясах – в трех точках по высоте пояса вдоль восьми образующих;

- на днище не менее 6 точек на листах площадью не более 1 м^3 и не менее 9 точек на листах площадью более 1 м^2 ;

- листах настила стационарной крыши – по четырем взаимно перпендикулярным диаметральному направлениям, проводится не менее трех измерений на каждом листе;

- люках и патрубках, установленных на стенке и крыше резервуара – в четырех точках, расположенных равномерно по окружности, на усилительных элементах не менее двух точек.

Для измерения толщины стенки резервуара используют ультразвуковые толщиномеры. Такие приборы способны измерить стенку толщиной от 1 до 30 мм, точность измерений для стальных конструкций составляет 0,1 мм.

При проведении УЗТ, для обеспечения стабильного акустического контакта между стенкой РВС и прибором, применяют специальные гели. УЗТ проводят при температуре от минус 10 °С до плюс 40 °С. Если температура воздуха ниже указанных пределов, то необходимо осуществлять обогрев приборов УЗТ.

УЗТ проводится без удаления защитного покрытия в случае, если используются толщинометры, способные производить замеры через покрытия толщиной до 3000 мкм.

Дополнительно УЗТ проводится на участках, на которых были обнаружены следы отпотин или коррозионных повреждений по результатам визуально-измерительного контроля [32].

					Оценка состояния РВСП-20000 м ³	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.1.4. Ультразвуковой контроль (УЗК)

С помощью УЗК осуществляют диагностику сварных соединений конструкций резервуара. Для проведения УЗК применяют специальные приборы – ультразвуковые дефектоскопы. В методе УЗК происходит регистрация возникающих или возбуждаемых колебаний в объекте контроля.

Метод УЗК позволяет определить:

- условную протяженность дефекта;
- глубину залегания дефекта;
- амплитуду сигнала.

По результатам ультразвукового контроля составляется заключение, в котором каждый дефект описывается отдельно, указываются координаты обнаруженных дефектов [32].

2.1.5. Капиллярный контроль (ПВК)

Капиллярные методы основаны на капиллярном проникновении капель индикаторных жидкостей в полости поверхностных дефектов. С помощью ПВК осуществляют диагностику сварных соединений конструкций резервуара, а также дефекты металла

Материалы, необходимые для проведения ПВК:

- пенетрант (индикатор) яркого цвета;
- очиститель для удаления лишнего пенетранта;
- проявитель дефекта [32].

2.1.6. Акустико-эмиссионный контроль (АЭК)

Применение акустико-эмиссионного контроля дает возможность обнаружить развивающиеся дефекты стенки и сварных швов резервуара, а также определить состояние днища РВС.

При нагружении резервуара с дефектами, вблизи острого края дефектов (условная вершина трещины) возникает локальная концентрация напряжений и образуется локальная зона пластической деформации. При достижении и превышении локального напряжения пределу прочности материала на

					Оценка состояния РВСП-20000 м ³	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

вершине условной трещины, происходит разрыв кристаллической решетки материала или развитие дефекта, в результате чего появляются сигналы АЭ. Дальнейшее нагружение повторяет процесс развития дефекта, и число импульсов АЭ растет с ростом пластической деформации.

Благодаря данным свойствам представляется возможность формировать адекватную систему классификации дефектов и критерии оценки технического состояния объекта, основанные на реальном влиянии дефекта на объект [32].

2.1.7. Геодезические измерения

Геодезические измерения проводятся для определения отклонений геометрических параметров конструкций резервуара от номинальных.

Геодезические измерения проводятся несколькими способами – нивелированием, теодолитной съемкой, тахеометрической съемкой, лазерным сканированием.

При геодезических измерениях применяют средства измерений:

- технический теодолит со среднеквадратичной погрешностью измерения угла одним приемом 30" и менее;
- измерительная каретка;
- лазерный сканер;
- тахеометр электронный, допускаемая средняя квадратическая погрешность измерения угла одним приемом не более 5", измерение расстояния 3 мм;
- нивелир со средней квадратичной погрешностью измерений не превышающей 3мм на 1 км двойного нивелирного хода;
- отвес.

Измерение геометрических параметров резервуара позволяет определить отклонения образующей стенки резервуара от вертикали и размеры образовавшихся деформаций (вмятин, выпучин и хлопунгов стенки).

При полном техническом диагностировании, при условии отсутствия временных ремонтных элементов, измерение и разбраковку проводят на

					Оценка состояния РВСП-20000 м ³	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

верхнем аварийном (или близком к нему) уровне налива согласно технологической карте эксплуатации резервуара и на опорожненном резервуаре.

Несмываемой краской на внешней поверхности стенки резервуара наносят номер вертикального стыка листа нижнего пояса. Стыки нумеруются по ходу часовой стрелки, начиная от приемо-раздаточного патрубка.

Нивелировка днища производится с шагом в один метр по двум диаметрально противоположным образующим для определения уклона днища. В зоне визуально наблюдаемых деформаций днища проводится дополнительное нивелирование для измерения вмятин (выпучин) на днище.

Нивелировка окрайки производится в точках, которые находятся в расстоянии друг от друга менее чем в 6 м.

При проведении полного технического диагностирования нивелирование производится на опорожнённом резервуаре, при минимальном уровне налива при проведении частичного технического диагностирования [32].

					Оценка состояния РВСП-20000 м ³	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м³

3.1. Технические решения

Ремонт резервуара производится по результатам полной технической диагностики вертикального стального цилиндрического резервуара РВСП 20000 м³. Установлено, что для восстановления эксплуатационной пригодности резервуара РВСП 20000 м³ и достижения срока безопасной эксплуатации резервуара не менее 10 лет необходимо выполнить следующие ремонтно-восстановительные работы конструкций резервуара:

- замена первого пояса стенки полностью на высоту 1490 мм;
- замена дефектных листов днища резервуара;
- замена окрайки резервуара;
- ремонт поверхностных дефектов на стенке резервуара;
- ремонт сварных соединений стенки резервуара;
- ремонт понтона;
- установка площадок обслуживания оборудования на кровле резервуара;
- замена приемо-раздаточных патрубков;
- замена вентиляционных патрубков;
- монтаж нового устройства диагностирования утечек из днища РВСП с использованием пластин разных металлов;
- ремонт креплений шахтной лестницы и площадки обслуживания пеногенератора;
- замена узлов крепления заземления к резервуару, кабеля ЭХЗ и перемычек на фланцевых соединениях;
- монтаж новой площадки обслуживания направляющей;
- монтаж новых площадок обслуживания сигнализаторов верхнего

					Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м³			Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Шадрина А.В.								36	121
Консульт.								НИ ТПУ г.р. 2БМ81			
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.									

уровня и пожарных извещателей;

- демонтаж двух старых направляющих и монтаж новых направляющих понтона;

- установка закладных конструкций для крепления пожарных извещателей, клемных коробок и контура заземления;

- демонтаж существующего антикоррозионного покрытия и нанесение нового антикоррозионного покрытия на наружную и внутреннюю поверхности резервуара.

- контроль качества сварных соединений и поверхностей элементов (в местах установки технологических приспособлений и ремонтных вставок металлоконструкций резервуара).

- проведение гидравлических испытаний резервуара.

Работы по ремонту и монтажу металлоконструкций резервуара РВСП-20000 должны осуществляться в строгом соответствии с нормативной документацией [4, 5, 39].

Технические решения при проектировании приняты с учетом климатических характеристик района строительства, сейсмической активности, всех нагрузок и воздействий, действующих на резервуар.

После проведения ремонта, допускаемые отклонения формы и размеров элементов резервуара должны соответствовать требованиям [5].

3.2. Вывод резервуара из эксплуатации

Полная техническая диагностика подразумевает вывод резервуара из эксплуатации, удаление из него остатков нефтепродукта, зачистку и проведение дегазации. Выполняется не реже раза в 10 лет и включает 3 основных этапа.

1. Визуальное диагностирование корпуса снаружи и изнутри, понтона (плавающей крыши) и других конструктивных элементов.

2. Оценка износа понтона (крыши).

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист 37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. Дефектоскопия (если общий осмотр выявил необходимость ее проведения).

Процедура вывода резервуара из эксплуатации

Вывод резервуара из эксплуатации осуществляется в 6 этапов:

1. Отключение от обвязки. Осуществляется закрытием на приемо-раздаточных патрубках задвижек.

2. Проверка герметичности задвижек. Критерий для контроля – отсутствие тока нефти или ее продуктов. Данный параметр проверяют путем ежечасных замеров уровня содержимого емкости. Замеры собираются трижды (3 часа), при отсутствии разницы в показаниях задвижки считаются закрытыми герметично.

3. Отключение питания электроприводов, которые управляют задвижками. Отключение электропитания производится путем размыкания соединения кабеля и электропривода. Отсоединенный кабель изолируется. На кнопках управления вывешиваются плакаты «Не включать! Работают люди».

4. Подготовка и размещение предупредительных знаков и уведомлений в точках доступа к разгерметизации системы (элементы управления задвижками, штурвал).

5. Откачка остатков нефти и нефтепродуктов. Для этого две соседние емкости парка соединяют сифонным краном (содержимое перекачивается из диагностируемого оборудования в рядом стоящий сосуд). Необходимое давление в системе нагнетает передвижной насосный агрегат, а для минимизации потерь и соблюдения регламентных норм безопасности в месте откачки собирается временная обвязка трубами. Для увеличения полноты откачки нефти мертвый остаток «поднимают» на водяную подушку таким образом, чтобы уровень воды достигал нижней образующей приемо-раздаточного патрубка.

6. Установка заглушек в соответствующих точках. Последние необходимы на приемо-раздаточных патрубках (соединениях), обвязке, трубопроводах системы предупреждения превышения давления.

3.3. Зачистка резервуара

Зачистку резервуара осуществляет бригада, в которую входит не менее двух человек (наблюдающий и работающий). Все работники должны иметь СИЗ, а также необходимый инструмент и материалы.

Процесс зачистки резервуара предусматривает следующие виды работ:

- разогрев остатка нефтепродукта в резервуаре системой подогрева;
- удаление остатка нефтепродукта;
- предварительную дегазацию в случае остатка нефтепродукта с температурой вспышки паров ниже 60° С;
- промывку внутренних поверхностей резервуара;
- удаление продуктов зачистки;
- чистовую обработку днищевой поверхности.

Разогрев и удаление остатка нефтепродукта

Первым делом, паром либо горячей водой производят разжижение нефтепродукта для того, чтобы удалить его остаток.

Пар или горячую воду подают на оставшийся нефтепродукт на высоту, которая равна высоте его остатка.

Пар, с целью увеличения эффективности разогрева, подают напрямую в нефтепродукт. При наличии специального поверхностного подогревателя на резервуаре в работу включают секции, которые располагаются под слоем воды и нефтепродукта. Чтобы увеличить скорость разогрева углеводородов, их постоянно перемешивают по схеме «резервуар-насос-резервуар».

Подача пара происходит по специальным трубам, диаметр которых составляет 50-63 мм. Давление подаваемого пара в трубах не должно превышать 0,3 МПа, а его температура должна быть не выше 80% температуры самовоспламенения разогреваемых углеводородов.

Пар подается непосредственно в нефтепродукт по любым возможным для этого люкам и патрубкам (зачистные, световые люки и пр.).

Для подвода пара к трубам используются съемные гибкие шланги, по обе стороны от которых должна располагаться запорная арматура.

Время разогрева остатка нефтепродукта зависит от его количества и от времени года: зимой она составляет 30-32 часа, а летом – 18-24 часа. По окончании работ разогреваемую массу откачивают в специально-выделенную для этой цели емкость.

Дегазация резервуара

Для дегазации резервуара используются следующие основные методы:

- заполнение резервуара водой;
- естественная или принудительная вентиляция резервуара чистым воздухом;
- заполнение резервуара инертными газами (флегматизация).

Снижение содержания паров нефтепродукта в исследуемом резервуаре осуществляется естественной и принудительной вентиляцией.

Дегазация заполнением водой используется только для подземных резервуаров, так как этот метод связан со значительным расходом воды, а также потребностью ее последующей очистки от углеводородов.

Для проведения естественной вентиляции необходимо открыть все люки на кровле резервуара и установить на них дефлекторы с целью повышения эффективности вентилирования. Чем выше резервуар, тем эффективнее будет использование естественной вентиляции. Скорость ветра при естественной вентиляции не должна быть меньше 1 м/с.

Когда концентрация паров нефтепродукта станет ниже НКПРП, нижние люки-лазы открывают и доводят концентрацию паров до 2 г/м³.

Для проведения принудительной вентиляции используют вентиляторы искробезопасного исполнения, которые работают от электродвигателей во взрывозащищенном исполнении.

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Для полного вентилирования всего пространства (избежание застойных зон), необходимо осуществлять воздухообмен со скоростью не меньше трех объемов в час.

Мойка резервуара

С помощью моечных машинок производят промывку резервуара горячей водой. Она проводится, как правило, в два этапа:

- первичная промывка, которая производится после откачки разогретого нефтепродукта в емкость;
- чистовая промывка, которая производится после пропарки и удаления остатка нефтепродукта.

При мойке понтона (рисунок 3), он должен находиться на подвесках или стойках. Мойка над понтоном и под ним должна производиться отдельно с помощью моечных машинок, которые помещают на разную высоту через люки на кровле РВС или через нижние люк-лазы (под понтон). Для промывки пространства под понтоном используется одна моечная машинка. Чтобы не повредить понтон снизу, давление воды не должно превышать 0,5 МПа, либо над моечной машинкой необходимо установить специальный защитный колпак. Для удовлетворения требованиям пожаровзрывобезопасности количество одновременно работающих машинок в резервуаре не должно превышать четырех штук.

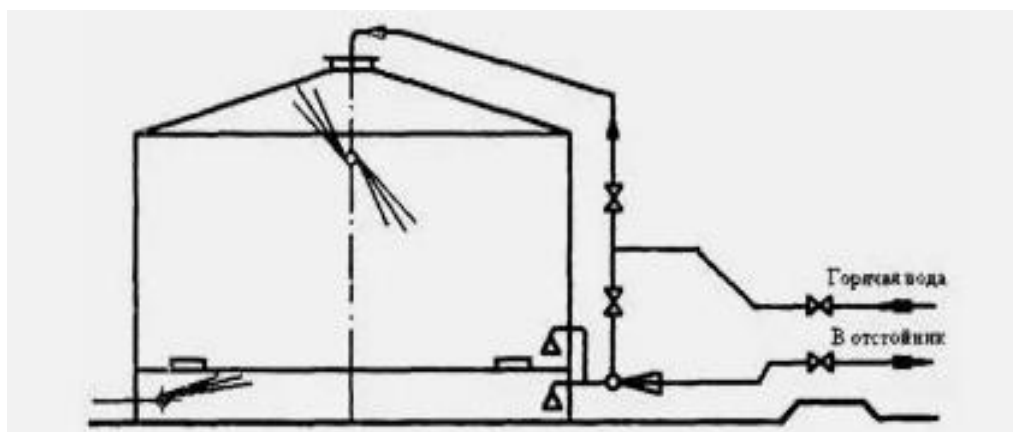


Рисунок 3 – Схема промывки резервуара с понтоном

Во время промывки необходимо сразу удалять из резервуара промывочную воду для улучшения качества и снижения длительности процесса зачистки.

После завершения первичной промывки необходимо снова открыть все люки, чтобы атмосфера внутри резервуара охладилась. Затем в резервуар заходит рабочий персонал для удаления остатка с днища резервуара.

Удаление осадка

Для удаления значительного количества осадка используют гидротранспортерные или пневмотранспортерные устройства.

Естественная вентиляция резервуара во время работ по удалению осадка должна продолжаться.

Вакуумная система соединяется с приемным патрубком, расположенным на днище РВС, с помощью трубопровода диаметром 100 мм. Оставшийся осадок подводят к всасывающему патрубку, и затем он перекачивается по трубопроводу в специальную емкость с помощью вакуумной установки. Периодически необходимо опорожнять баллон в специально отведенные для этого места.

Если же осталось малое количество осадка, то его удаляют вручную с помощью щеток и совков.

По завершению процесса рабочий персонал покидает резервуар.

Чистовая обработка поверхностей резервуара

Процедура чистовой обработки включает в себя следующие работы:

- обработка растворителем ПРП, поверхности днища резервуара и др.;
- чистовая промывка резервуара;
- удаление остатков промывки и доведение поверхностей в резервуаре до требуемой чистоты.

Первым делом поверхность днища резервуара обрабатывают растворителем, в качестве которого применяют дизельное топливо или керосин. Растворитель наносят на поверхность не менее чем на 1,5 часа, используя при этом малярные кисти.

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Следующим этапом производится чистовая промывка резервуара. Она выполняется аналогично первичной мойке резервуара с помощью моечных машинок. Длительность чистовой промывки составляет примерно 1,5 часа.

После завершения помывки необходимо вновь произвести дегазацию резервуара. Затем в резервуар заходит рабочий персонал для доведения его поверхностей до требуемой чистоты с помощью ветоши.

3.4. Ремонт металлоконструкций резервуара

Для обеспечения безопасной эксплуатации резервуара на срок не менее 10 лет в соответствии проектом предусмотрена частичная замена первого пояса, окрайки и центральной части днища резервуара.

Проектом предусмотрено исправление дефектов металлоконструкций резервуара методами, рекомендованными нормативно-технической документацией [5, 39], а именно:

- дефекты основного металла стенки глубиной до 0,2Т (где Т-толщина стенки) на 1–12 поясах – шлифовкой, от 0,2Т до 0,5Т–методом наплавки с предварительной зачисткой;
- дефекты основного металла других конструкций резервуара глубиной до 0,3Т – шлифовкой, от 0,3Т до 0,5Т – методом наплавки с предварительной зачисткой, более 0,5Т – заменой дефектных участков;
- дефекты в сварных швах – зачисткой, выборкой металла шва на глубину дефекта или полной выборкой шва с последующей сваркой;
- дефекты кольцевых горизонтальных сварных швов стенки в виде смещения осей в местах пересечения их с вертикальными сварными швами – вырезкой дефекта и установкой вставки;
- дефекты узлов крепления шахтной лестницы и площадки обслуживания пеногенератора исправляются приваркой косынок узлов крепления к стенке через подкладные пластины. С нормативными расстояниями расположения швов приварки подкладных пластин к стенке по отношению к швам стенки.

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

3.5. Ремонт первого пояса стенки РВСП методом замены

Заготовки изготавливают из листового проката в соответствии с технологической картой замены дефектных участков стенки. В соответствии с паспортом резервуара подбирают марку стали, толщину проката. Если в паспорте нет данных о прокате и марке стали, а также при отсутствии паспорта на резервуар, данные принимаются по типовому проекту и по результатам измерения толщины стенки, а марка стали определяется при помощи проведения химического анализа образца стенки.

Перед началом монтажа под радиус стенки резервуара вальцуют заготовки. Необходимо чтобы радиус заготовки был больше либо равен радиусу стенки резервуара.

При изготовлении заготовки в заводских условиях, следует выполнить рекомендуемую подготовку кромок под сварку для данного типоразмера резервуара.

Замену дефектного участка на первом поясе начинают от точки, находящейся на расстоянии не менее 500 мм от вертикального шва, и производят в направлении по часовой стрелке. Вертикальные швы в пределах заменяемого участка и основного полотнища стенки на поясах разного уровня располагают в разбежку не менее 500 мм. Участок стенки, подлежащий вырезке, предварительно размечается яркой масляной краской. При разметке пользуются шаблоном, допускается также использование готовой заготовки на данный участок. Не допускается выполнять вырезку более одного окна. Вырезка проема в стенке приводит к снижению её цилиндрической жесткости, что в свою очередь может привести к нежелательным радиальным смещениям стенки. Поэтому до начала резки проёма в стенке резервуара необходимо принять все меры по увеличению её жесткости, чтобы предотвратить возможные радиальные смещения стенки РВС. Для этого устанавливают временные подпорки (рисунок 4), соединяющие остающуюся кромку стенки с окрайкой днища, периодичность установки составляет порядка 1 – 1,5 м вдоль направления реза.

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

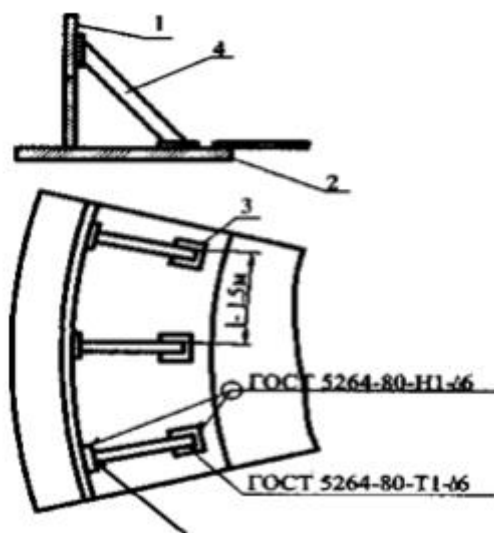


Рисунок 4 – Временные подпорки

Для РВСП-20000 оптимальная единичная вырезка участка стенки равна 6 м. Если дефектный участок имеет большую протяженность, ремонт ведется последовательно, с разбивкой стенки на отдельные захватки. В том случае если при устройстве проема происходит значительный подъем (до 30 мм) окрасок, длину заменяемых участков нужно уменьшить до 3 м, а появляющиеся деформации окрасок устранять домкратами [33].

При значительных отклонениях образующих стенки от вертикали в месте ремонта РВС рекомендуется дополнительно устанавливать вдоль верхней кромки выреза проема (в кольцевом направлении) ребро жесткости из двутавра №30, повторяющее радиус резервуара (рисунок 5).

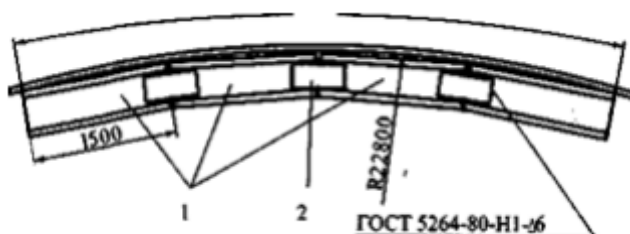


Рисунок 5 – Ребро жесткости для РВС-20000

1- двутавр №30 $l=1500$ мм - 4 шт.; 2 - соединительная пластина – 6 шт.

Если не предусмотрен демонтаж окраски, все дефектные участки стенки резервуара вырезаются газовой резкой, за исключением нижней части

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист 45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

стенки, которая отрезается на 5 – 10 мм выше уторного шва, после чего доводится до необходимого размера шлиф-машинкой.

Кромки деталей после кислородной резки тщательно зачищают механическим способом (шлиф-машинкой) на глубину не менее 2 мм. Поверхность свариваемых заготовок зачищают до металлического блеска на ширину 25-30 мм от оси стыка.

Подготовку кромок выполняют в соответствии с требованиями:

- вертикальных швов для двусторонней сварки;
- с двумя симметричными скосами кромок;
- горизонтального шва для двусторонней сварки выполняют с двумя симметричными скосами одной кромки.

Допускается увеличение зазора и ширины шва на 25 %, т.к. резка проводится в монтажных условиях [34].

В случае если углы заменяемого участка полотнища располагаются в теле пояса, то углы данного участка должны иметь закругления радиусом не менее 100 мм.

В случае если радиус вальцовки заготовки больше радиуса стенки резервуара, или заготовка не вальцована, для удобства совмещения кромок стыкуемых полотнищ, к стенке приваривают прерывистым швом длиной 300 мм с шагом 300 мм ребро жесткости из двутавра № 30.

Установленная в проеме заготовка после тщательной выверки закрепляется в проектном положении прихватками к стенке и к окрайке днища. Расстояние между прихватками 400 – 500 мм, длина 50 – 60 мм. Прихватки выполняют тем же сварочным материалом, что и для сварки основных швов [33, 34].

Сварка двусторонних швов ведется двумя сварщиками одновременно, причем внутренний сварщик идет с опережением на 500 мм, обратноступенчатым способом с длиной ступени 200 - 250 мм. Если проем заполняется более чем одной заготовкой, то швы, примыкающие к

свободному краю заготовки, не доваривают на участке 500 мм от края, эти участки заваривают при сварке следующей заготовки.

При замене дефектного участка в районе ПРП производится полная замена листа первого пояса стенки с неизменным смещением, относительно имеющихся вертикальных сварных швов стенки, на 500 мм вертикальных ремонтных швов.

В случае частичной замены стенки в месте установки ПРП необходимо принять дополнительные меры безопасности по предотвращению опасного высвобождения энергии упругих деформаций, которые всегда имеются в данном месте. Замену полотнища необходимо вести последовательно участками длиной не более 1 м.

В местах врезки люка-лаза или патрубка стенка обычно усиливается накладкой воротников. Если расстояние между уторным швом и швом воротника менее 200 мм, газовую резку выполняют под углом 45° на расстоянии 200 мм от уторного шва, захватывая воротник в нижней части. Притупление кромок, при этом, размещают посередине листа стенки.

При замене дефектного участка под люком-лазом и ПРП для уменьшения остаточных сварочных напряжений и деформаций после сварки двух проходов все последующие валики швов проковывают непосредственно после смены электрода ручным или пневматическим молотком. Все монтажные швы зачищаются от шлака и проверяются визуальным осмотром с обеих сторон стенки. Рентгенографическим методом контролируют все монтажные ремонтные швы, за исключением уторного [33, 34].

Вакуум методом на герметичность или керосиновой пробой, контролируют нижний уторный шов. В труднодоступных участках, при невозможности выполнения рентгенографического контроля, ремонтные швы проверяют ультразвуковым методом [3].

3.6. Ремонт днища резервуара

Днище резервуара запроектировано с периферийными листами в виде кольцевых окраек, сваренных с центральной частью днища внахлест.

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист 47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Толщина окраек 9 мм, материал окраек – сталь 09Г2С. Заменяемые листы центральной части днища запроектированы толщиной 6 мм из стали 09Г2С.

В случае сплошного коррозионного поражения листов днища выполняется его полная замена. Применяют полистовый способ замены днища и рулонированный (индустриальный).

При индустриальном способе ремонта с применением рулонированных заготовок листовых конструкций, изготавливаемых на заводах, сокращаются сроки ремонта и протяженность монтажных сварных швов.

При полистовом способе замены днища достигается более совершенная поверхность для нанесения антикоррозионного покрытия, что в свою очередь увеличит срок службы резервуара. Преимущество данного метода и в том, что последовательное наращивание укрупненных заготовок (полос) позволяет выполнить гидроизоляцию и тщательную подбивку по мере необходимости, что существенно снижает количество хлопот.

При замене днища резервуара необходимо восстановить основание. Предусмотрено снятие старого гидрофобного слоя, ремонт основания с приданием ему проектного уклона 1:100 со срезкой и подсыпкой недостающего грунта и укладка нового гидрофобного слоя по уплотненному основанию.

Стенка резервуара должна быть прорезана ровным горизонтальным резом с минимальным расстоянием от шва соединения днища со стенкой. Края реза должны быть обработаны, чтобы удалить шлак и неровности, оставшиеся после операции резки.

Последовательность установки фрагментов днища и мероприятия по временной фиксации или усилению уторного узла должны быть разработаны в составе проекта производства работ.

При монтаже нового днища должны быть соблюдены требования настоящего документа, проектной документации и норм к расположению и выполнению сварных соединений. Применяются чередующиеся нахлесточные и стыковые соединения на остающейся подкладке.

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

При необходимости замены листов первого пояса резервуара окраечные листы днища должны быть вырезаны и установлены новые листы. При этом должны быть соблюдены следующие требования:

- стыки между окрайками собираются с зазором клиновой формы и свариваются между собой на остающейся подкладке односторонними стыковыми швами;
- смещение кромок в стыках окраек не должно превышать 10 % толщины листа при плотности прилегания к подкладкам с зазором не более 0,5 мм;
- стыки окраек днища должны располагаться на расстоянии не менее 100 мм от вертикальных сварных соединений первого пояса стенки;
- выступ листов окраек и подкладок от наружной поверхности стенки резервуара должен быть не менее 30 мм, но не более 60 мм. Края реза окраек и днища должны быть обработаны шлифовальным кругом;
- нахлест центральной части днища на кольцо окраек должен быть не менее 50 мм, но не более 100 мм;
- предельно-допустимые отклонения размеров и формы смонтированного кольца окраек не должны превышать нормативных значений.

Под опоры понтона и их направляющие стойки должны быть установлены подкладные листы.

3.7. Ремонт понтона

Ремонт понтона в действующем резервуаре начинают после подготовки резервуара к сварочным работам и оформления соответствующих документов. Ремонт понтона производится бригадой в количестве 3-х человек в течение 2-3 недель.

До начала монтажа на днище резервуара делают разметку коробов или мест расположения опорных стоек. На днище резервуара монтируют опору в виде радиальных лучей из швеллера, опирающихся на трубчатые стойки, приваренные к днищу. На лучи укладывают опалубку из досок или фанеры, и

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

застылают опалубку антиадгезионным материалом. На опалубке раскладывают элементы периферийного кольца, изготовленные в заводских условиях методом заливки в форму, и склеивают их между собой. Затем методом напыления пенополиуретана изготавливают центральную часть понтона, монолитно сцепляющуюся с периферийным кольцом. После затвердевания и усадки центральной части вклеивают в паз периферийного кольца эластичный вкладыш, к которому в свою очередь приклеивают элементы несущего кольца, также изготовленные методом заливки.

При ремонте понтона короба понтонного кольца, обеспечивающие плавучесть понтона, раскладывают вдоль готовой стенки резервуара по уже сваренным окрайкам, выдерживая заданный номинальный зазор между стенками резервуара и коробами. Короба к месту работы подают монтажным краном, с помощью которого ведут также монтаж щитов покрытия. Короба между собой, как и с центральным полотнищем, соединяют накладками, свариваемыми внахлестку. К полке на внутренней стенке кольца поджимают кромку центральной части понтона и прихватывают, а затем приваривают. На прорезанные в центральной части отверстия над опорными плитами устанавливают и приваривают патрубки с фланцами. Для установки; опорных стоек понтон обычно поднимают путем налива воды в резервуар. При этом в крышку бокового люка-лаза врезают трубопровод, подающий воду. После подъема понтона на высоту около 2 м через патрубки опускают опорные стойки и закрепляют их. При сливе воды из резервуара понтон опускается и встает на опорные стойки. После откачки воды производят монтаж оборудования под понтоном, причем детали оборудования подаются через боковые люки-лазы с помощью лебедки, установленной внутри резервуара или снаружи. В последнем случае внутри резервуара под понтоном устанавливают отводной блок.

Монтаж уплотняющего затвора между внутренней поверхностью стенки корпуса и понтоном для герметизации пространства ведут после установки понтона на стойки. Сначала детали затвора раскладывают по

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист 50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

периметру понтонного кольца, проводят предварительную сборку монтажных элементов, проверяют совпадение отверстий для крепежных деталей на кольце и элементах затвора, а затем, опуская по элементам детали затвора в зазор, проводят его монтаж.

3.8. Ремонт люков и патрубков стенки резервуара

В проекте предусмотрена полная замена люков и патрубков на первом поясе стенки по количеству и конструкции соответствующих [4]. На третьем поясе для обслуживания понтона предусмотрена врезка двух овальных люков-лазов размером 600х900 мм. Усиливающие накладки люков и патрубков запроектированы толщиной, равной толщине пояса стенки в месте установки патрубков и люков. Крышки люков-лазов снабжены механизмами для облегчения их открывания и закрывания.

Зоны врезок патрубков и люков, расположенных в нижних поясах резервуара, подвергаются воздействию усилий и изгибающих моментов от гидростатического нагружения, нагрузок от трубопроводов, осадок резервуара. Внешние нагрузки от присоединяемых трубопроводов рекомендуется минимизировать с помощью компенсационных устройств.

Конструкция патрубков стенки, их усиливающие листы, а также требования к сварным соединениям должны соответствовать требованиям нормативных документов.

Края отверстий, вырезанных в стенке резервуара для установки патрубков и люков, должны быть очищены и не иметь шероховатостей, превышающих 1 мм, а для конструкций возводимых или эксплуатируемых в районах с расчетной температурой ниже минус 40 °С – 0,5 мм.

Все отверстия в стенке для установки патрубков и люков должны быть усилены накладками (воротниками), располагаемыми по периметру отверстий. Допускается установка патрубков с условным проходом до 50 мм без усиливающих накладок.

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист 51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рекомендуется выбирать толщину накладки, равную толщине стенки. Рекомендуемые значения размеров патрубка и усиливающих накладок должны соответствовать нормируемым требованиям.

Прочность материала накладок должна быть такой же, как у материала стенки. Усиливающие накладки должны быть снабжены контрольными отверстиями диаметром 10 мм, располагаемыми на горизонтальной оси патрубка или люка. В случае изготовления усиливающей накладки из двух частей, сваренных горизонтальным швом, контрольные отверстия (по одному в каждой части накладки) располагаются в средней части по высоте полунакладки.

Патрубки в стенку резервуаров должны ввариваться сплошным швом с полным проплавлением стенки.

Люки-лазы, предназначенные для проникновения внутрь резервуара при его монтаже, осмотре и проведении зачистки, ремонтных работах, должны иметь условный проход не менее 600 мм. Конструктивное исполнение и размеры (параметры) люков-лазов и овальных люков-лазов 600×900 мм должны соответствовать установленным нормам.

3.9. Замена вентиляционных патрубков

Проектом предусмотрена установка 14 вентиляционных патрубков Ду500, из них один устанавливается в центре на крыше резервуара и тринадцать равномерно по периметру крыши.

Вентиляционный патрубок ПВ (рисунок 6) используется для обеспечения непрерывной вентиляции газовоздушного пространства ёмкости с атмосферным воздухом и исключения попадания посторонних предметов внутрь резервуаров. ПВ устанавливается на резервуарах с малоиспаряющимися нефтепродуктами, а также на резервуарах, оборудованных понтонами.

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист 52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

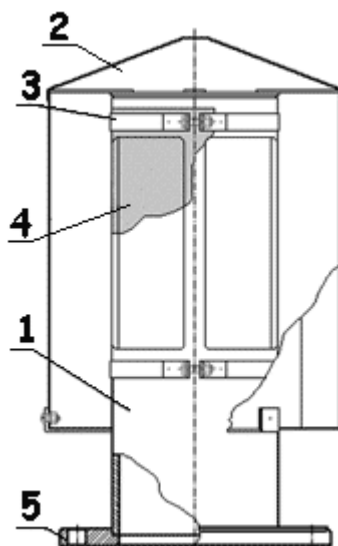


Рисунок 6 – Вентиляционный патрубок:

1 – корпус; 2 – колпак; 3 – хомуты; 4 – сетка; 5 – фланец

Вентиляционный патрубок устанавливается на монтажный патрубок на крыше резервуара через присоединительный фланец корпуса.

При монтаже резервуаров, хранимое сырье которых имеет температуру вспышки паров менее 120°C, необходимо предусмотреть патрубок с огневым предохранителем.

Установка вентиляционных патрубков на стационарной крыше резервуара осуществляется по периметру на равном друг от друга расстоянии, составляющем 2-10 м, а также один патрубок должен быть установлен в центре крыши. В общей сложности на 1 м диаметра емкости должно приходиться не менее 0,06 м² открытой площади вентиляционных патрубков.

При эксплуатации резервуара для предотвращения воздействий на вентиляционные патрубки атмосферных осадков необходимо предусмотреть защитные сетки из нержавеющей стали и предохранительные кожухи, которые также предотвращают попадание инородных предметов в хранимое сырье.

При выборе типоразмера вентиляционного патрубка важно учитывать диаметр приемо-раздаточных труб. Кроме того, на выбор условного прохода

патрубка ПВ влияет производительность насосов для перекачки продукта (минимальная пропускная способность вентиляционного патрубка определяется в зависимости от максимальной производительности приемораздаточных операций).

3.10. Гидравлические испытания резервуара

Гидравлическое испытание резервуара проводить согласно нормативно-техническим документам [4, 6] после окончания всех работ по монтажу и контролю, перед нанесением антикоррозионного покрытия и присоединения трубопроводов к резервуару. До начала и на всю продолжительность гидроиспытания границы опасной зоны обозначаются предупредительными знаками с радиусом не менее 95 м от центра РВС. Лица, участвующие в проведении гидроиспытания, должны находиться за пределами опасной зоны. Осмотр конструкций при повышении давления, разрешается через 10 минут, после достижения установленных нагрузок.

Испытание следует проводить при температурах окружающего воздуха плюс 5 °С и выше по индивидуальной программе, разработанной проектной организацией, разрабатывающей ППР. Уровень взлива при гидроиспытании не должен превышать уровня равного 16150 мм.

В период проведения гидроиспытания необходим постоянный контроль за состоянием резервуара.

Причины, при которых следует прекратить испытания и слить воду полностью:

- течь из-под края днища;
- появление мокрых пятен, отпотин на стенке или сварных швах, свищи, трещины, течи, независимо от размеров дефекта – при обнаружении на I поясе резервуара.

Если дефекты обнаружены во II-XII поясах, то воду необходимо слить на один пояс ниже расположения дефекта. Мелкие дефекты исправляются, после чего проверяются на герметичность.

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист 54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Гидроиспытание резервуара типа РВСП производится при смонтированных затворах понтона. Во время гидравлических испытаний необходимо убедиться в герметичности понтона, а также его свободного передвижения (без заеданий) на всю высоту. Появление отпотин на поверхности понтона говорит о том, что возможно корпус не герметичен. Скорость подъема (опускания) понтона не должна превышать эксплуатационную.

При проведении гидроиспытания до налива воды в резервуар, после налива воды на максимальную отметку во время выдержки резервуара под нагрузкой (не менее 48 часов для резервуаров объемом свыше 10000 до 20000 м³ включительно), и после слива воды необходимо:

- выполнить съемку геометрических параметров резервуара (схемы отклонений образующих стенки от вертикали; отклонение наружного контура днища от горизонтали);
- произвести осмотры сварных швов и поверхности стенки резервуара на наличие дефектов;
- произвести замеры зазоров между стенкой РВС и корпусом понтона;
- произвести замеры зазоров между патрубками в понтоне и их направляющими;
- произвести визуальный осмотр понтона;
- произвести уровень погружения понтона.

Резервуар можно считать выдержавшим гидравлическое испытание, если за время проведения испытаний уровень воды не снизился, не обнаружены отпотины, течи на поверхности стенки или по краям днища, отсутствуют геодезические предельные отклонения, отклонения формы и размеров фундамента и металлоконструкций соответствуют требованиям.

На резервуар прошедший испытания, составляется акт завершения монтажа конструкций.

Приварка любых элементов к конструкциям резервуара в процессе проведения гидроиспытания и после его окончания запрещается. После

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист 55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

испытания на резервуаре производятся предусмотренные проектом работы по антикоррозионной защите и установке оборудования с оформлением соответствующих документов.

3.11. Нанесение антикоррозионного покрытия

Защита резервуаров от коррозии должна проводиться на основании анализа условий эксплуатации, климатических факторов, атмосферных и иных воздействий на наружные поверхности резервуаров, а также вида и степени агрессивного воздействия хранимого продукта и его паров на внутренние поверхности.

Для покраски резервуаров внутри следует использовать лакокрасочные или металлизационно-лакокрасочные покрытия; для элементов металлоконструкций, находящихся на открытом воздухе – лакокрасочные покрытия [35].

Поверхности резервуарных металлоконструкций, находящиеся на открытом воздухе, должны быть окрашены лакокрасочными материалами светлого тона с высокой светоотражательной способностью (не менее 98%).

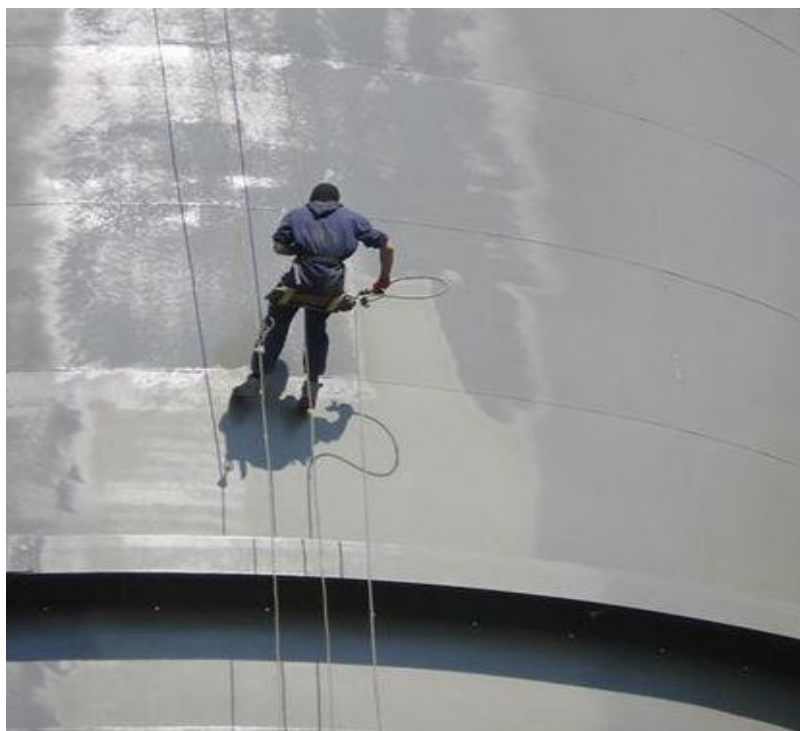


Рисунок 7 – Нанесение антикоррозионного покрытия

Антикоррозионные покрытия внутренних поверхностей резервуаров должны удовлетворять следующим условиям:

- быть устойчивыми к воздействию нефти, нефтепродуктов, подтоварной воды;
- обладать хорошей адгезией к грунтовочному слою или основному металлу (в зависимости от технологии нанесения);
- не вступать в реакцию с хранимыми продуктами и не оказывать влияние на их кондицию;
- быть стойкими к растрескиванию;
- обеспечивать совместимость деформаций с корпусом резервуара (с учетом различных толщин стенки по высоте) при заполнении и опорожнении;
- обладать износостойкостью на истирание (в резервуарах с плавающими крышами и понтонами) и долговечностью;
- сохранять адгезионные свойства, механическую прочность и химическую стойкость в расчетном диапазоне температур;
- сохранять защитные свойства при совместной работе с электрохимической, катодной и протекторной защитой;
- быть технологичными при нанесении и соответствовать температуре и относительной влажности воздуха во время выполнения работ;
- удовлетворять требованиям электростатической искробезопасности.

При этом продолжительность срока службы защитных покрытий должна составлять не менее 10 лет. В том случае, если нормативный срок службы резервуара превышает расчетный срок службы антикоррозионных покрытий, в техническом задании на проектирование резервуара должны быть установлены припуски на коррозию основных конструктивных элементов - стенки, днища, крыши, понтона.

Подготовка наружной поверхности РВСП к антикоррозионному покрытию

На поверхностях металлоконструкций, подготовленных к выполнению антикоррозионных работ, должны отсутствовать:

- возникшие при сварке остатки шлака, сварочные брызги, наплывы, неровности сварных швов;
- следы обрезки и газовой резки, расслоения и растрескивания;
- острые кромки до радиуса менее 3,0 мм на внутренней и 1,5 мм на наружной поверхностях корпуса резервуара;
- вспомогательные элементы, использованные при сборке, установке резервуара, транспортировке, подъемных работах и следы, оставшиеся от приварки этих элементов;
- химические загрязнения (остатки флюса, составов, использовавшихся при дефектоскопии сварных швов), которые находятся на поверхности сварных швов и рядом с ними;
- жировые, механические и другие загрязнения.

Сварные швы должны иметь плавный переход к основному металлу без подрезов и наплывов. Все элементы металлоконструкций внутри и снаружи резервуара должны быть обварены по контуру для исключения образования зазоров и щелей.

При подготовке к покраске резервуаров снаружи с их поверхности удаляют ручным или механизированным способом пришедший в негодность защитный слой, следы коррозии, грязь.

Коррозию с металла снимают механическим или химическим способами.

- при химическом способе используют моечный состав, который наносят на корродированную поверхность на 3-5 минут, после чего состав вместе с продуктами коррозии смывают горячей водой и поверхность протирают насухо. Подготовленную поверхность тщательно протирают и просушивают.

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

- при механическом способе используют либо металлические щетки или абразивоструйную очистку поверхности. Для этого используют специальное оборудование — мощный компрессор. Частицы песка или иного абразивного материала с высокой скоростью бомбардируют участок резервуара, удаляя с него:

- остатки старого защитного покрытия;
- следы окалины и ржавчины;
- масляные и жировые загрязнения.

После абразивоструйной обработки поверхность резервуара становится шероховатой. Остатки абразивных материалов и пыли удаляют мощным потоком воздуха из промышленных пылесосов. Это обеспечивает максимальную адгезию (фиксацию) лакокрасочного покрытия. Контроль выполнения подготовительных мероприятий осуществляют путем визуального осмотра РВСП и с помощью специального прибора (компаратора или профилометра) для измерения шероховатости.

Подготовка внутренних поверхностей РВСП к антикоррозионному покрытию

Технологический процесс подготовки внутренних поверхностей резервуаров для нанесения антикоррозионных покрытий во многом отличается от процесса подготовки наружных поверхностей. В нем можно выделить несколько поэтапных операций:

1. слив нефтепродуктов из резервуара;
2. зачистка внутренней поверхности резервуара;
3. дегазация резервуара;
4. обезжиривание внутренней поверхности;
5. обработка внутренней поверхности песком (с помощью пескоструйки во взрывозащищенном исполнении);
6. очистка внутренней поверхности от песка и грязи;
7. нанесение на места коррозии моечного состава (с помощью волосяных щеток);

8. промывка внутренней поверхности горячей водой;
9. сушка внутренней поверхности при температуре 5-20°C в течение 2-3 суток (при открытых люках и задвижках);
10. проверка качества выполнения подготовительных работ и пригодности поверхностей для покраски (нанесения антикоррозионного слоя).

Технология покраски резервуаров внутри и снаружи

На подготовленную поверхность резервуара ровным слоем наносят грунт при помощи пневматического распылителя. При этом большое внимание уделяется исключению образования подтеков. Данная операция направлена на защиту металла от коррозии и сцепляемость лакокрасочных покрытий с металлом.

После завершения данных работ на наружную поверхность резервуара с помощью распылителя наносят лакокрасочные покрытия, обладающие антикоррозионными свойствами.

Внутренние поверхности резервуара покрывают лакокрасочными материалами в 2-4 слоя с последующей сушкой каждого нанесенного слоя в отдельности.

Окончательно окрашенная поверхность должна иметь одинаковую толщину слоя без подтеков и других дефектов.

Защита днища резервуаров от коррозии снаружи

При защите от коррозии наружной поверхности днищ резервуаров следует руководствоваться следующими требованиями:

- устройство основания и фундамента под резервуар должно обеспечивать отвод грунтовых вод и атмосферных осадков от днища;
- при выполнении гидрофобного слоя из битумно-песчаной смеси (соотношение 1:9 по массе) не требуется нанесения защитных покрытий на наружную поверхность днища. При этом применяемые песок и битум не должны содержать коррозионно-активных агентов.

При выполнении антикоррозионных работ должны быть учтены требования по охране окружающей среды, правил техники безопасности в строительстве и других нормативных документов, регламентирующих выполнение данной работы.

После завершения всего комплекса работ по антикоррозионной защите оформляется акт освидетельствования комплексного защитного покрытия.

					Технология проведения капитального ремонта РВСП-20000 м ³	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4. Патентный анализ

В качестве дополнительной возможности повышения эффективности эксплуатации РВСП-20000 м³ проведен патентный анализ устройств, диагностирующих утечку нефтепродукта из днища резервуара.

В процессе эксплуатации днище РВСП подвергается различным видам коррозии, которые связаны с наличием сернистых и других агрессивных соединений в нефти и нефтепродуктах, а также воды в резервуаре и в грунте.

Если пролив горючего из поясов резервуара можно обнаружить визуально, то утечку нефтепродуктов из днища наземного РВС определить можно только сложными диагностическими методами. Данные методы связаны с освобождением резервуара от нефтепродуктов с его последующей зачисткой и проводятся с определенной периодичностью в среднем 1 раз в 5-8 лет в зависимости от сроков эксплуатации резервуара. Поэтому важной экологической и экономической задачей становится борьба с потерями нефтепродуктов от утечек через днище РВС с помощью нового современного оборудования. Решение указанной задачи достигается путем установки на резервуар устройства для обнаружения утечек из днища.

В ходе анализа в целях поиска оптимального устройства диагностирования утечек из днища резервуара было рассмотрено 5 патентных изобретений.

Переносное устройство оперативного контроля и диагностики днищ вертикальных стальных резервуаров

Работа этого устройства сводится к зондированию грунта под днищем резервуара с нефтепродуктом для выявления места нахождения утечек нефтепродуктов по месту обнаружения электрических аномалий. Электрические аномалии связаны с повышенным и пониженным удельным

					Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Патентный анализ			Лит.	Лист	Листов		
Руковод.		Шадрина А.В.								62	121	
Консульт.								НИ ТПУ г.р. 2БМ81				
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.										

сопротивлением относительно фоновой величины грунта под днищем резервуара. Техническое устройство оперативного контроля и диагностики днищ вертикальных стальных резервуаров включает металлические зонды от 8 до 16 штук, кабель кросс, измеритель электрических величин (омметр), а также электрические разъемы.

Устройство работает следующим образом. В грунт вокруг основания резервуара через равные интервалы вводят металлические зонды. К металлическим зондам с помощью электрических разъемов посредством кабеля-кросса подсоединяют измеритель электрических величин (омметр). При помощи металлических зондов и измерителя электрических величин выполняют зондаж грунта под днищем резервуара замером сопротивления между соседними парами зондов в последовательности (1-2, 1-3, 1-4, 1-п, 2-3, 2-4, 2-5, 2-п, 3-4 и т.д.). Данные результатов измерений заносят в таблицу. Затем с помощью коэффициентов пересчитывают фактически полученные результаты в удельные единицы, которые также заносят в таблицу. После этого выбирают аномальные значения показателей и по ним на эскизе днища графически определяют место утечки нефтепродуктов [68].

Вертикальный резервуар с двойным дном, оборудованный установкой улавливания паров нефтепродуктов и устройством для диагностирования днища

На резервуар, имеющий приемный и раздаточный патрубки, трубопровод для приема и выдачи нефти и нефтепродуктов, задвижки, световой и замерный люки, дыхательный клапан повышенного давления, люк-лаз, дыхательный клапан рабочего давления, дополнительный трубопровод с обратным клапаном и задвижкой, соединенный с заглубленным резервуаром с низкооктановым компонентом, внутреннее и внешнее днище с перегородками жесткости дополнительно на внутреннее днище оборудуется гидрофобный компаундный слой с волоконно-оптическим распределенным датчиком давления, который линией связи соединяется с оптическим рефлектометром и персональным компьютером.

					Патентный анализ	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Резервуар оборудуется переносным источником звука с тросом. При этом источник звука линиями связи соединен с усилителем и персональным компьютером.

Устройство работает следующим образом. Через приемный трубопровод нефтепродукт поступает в резервуар. При этом уровень горючего начинает увеличиваться, а соответственно объем парового пространства уменьшаться.

После заполнения резервуара объемы горючего и парового пространства стабилизируются.

С целью диагностирования внутреннего днища в резервуар с нефтепродуктом с определенной периодичностью, которая зависит от сроков эксплуатации резервуара, через световой люк с помощью троса опускается источник звука, который линиями связи соединен с усилителем, и персональным компьютером.

Волоконно-оптический распределенный датчик давления соединяется с оптическим рефлектометром и персональным компьютером, которые могут регистрировать механические изменения по длине кабеля. Каждому участку кабеля в зависимости от конфигурации крепления соответствует свой участок днища резервуара.

Волны, создающиеся в резервуаре с помощью источника звука, распространяются в жидкой среде (горючее) и твердой среде (дно). Интенсивность прошедших звуковых волн будет зависеть от толщины жидкой и твердой сред. При взаимодействии прошедшей звуковой волны с волоконно-оптическим распределенным датчиком давления в последнем возникают механические напряжения, распределенные по длине. Оценка интенсивности напряжений с помощью регистрирующей аппаратуры позволит наблюдать картину распределения толщины внутреннего днища и оценить по заданным параметрам уровень опасности прорыва и потенциальной утечки горючего [69].

					Патентный анализ	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вертикальный резервуар для нефти и нефтепродуктов, оборудованный стационарным устройством диагностирования днища

Под резервуаром, имеющим приемный и раздаточный патрубки, трубопровод для приема и выдачи нефти и нефтепродуктов, задвижки, световой и замерный люки, вентиляционный люк, дыхательный клапан повышенного давления, люк-лаз, дыхательный клапан рабочего давления, днище дополнительно в грунте на определенном расстоянии от днища резервуара горизонтально оборудуются металлические зонды первого уровня, перпендикулярно которым устанавливаются металлические зонды второго уровня, при этом металлические зонды различных уровней с помощью линий связи соединены с электронными коммутаторами, имеющими клеммы для подсоединения линий связи конкретных металлических зондов. Электронные коммутаторы с помощью линии связи связаны прибором для определения сопротивления омметром, который соединен с переносным компьютером.

С целью диагностирования днища резервуара с установленной периодичностью, которая зависит от сроков эксплуатации резервуара с помощью линий связи электронных коммутаторов и омметра производятся поочередные замеры сопротивлений между металлическими зондами различных уровней, которые выводятся на компьютер. При этом каждому измерению соответствует свой участок днища резервуара.

Значения с высоким сопротивлением относятся к скоплению нефтепродуктов.

Оценка значений сопротивлений между отдельными зондами различных уровней расположенных перпендикулярно относительно друг друга с помощью электронных коммутаторов, омметра и компьютера позволяет определить не только наличие утечки нефтепродуктов из днища резервуара, но и выявить конкретное место утечки с целью эффективного ремонта резервуара [70].

					Патентный анализ	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Устройство диагностирования утечек из днища наземного вертикального резервуара для нефтепродуктов с использованием специальных пластин

Под предлагаемым резервуаром, имеющим приемный и раздаточный патрубки, трубопровод для приема и выдачи нефти и нефтепродуктов, задвижку, технологические люки, клапан повышенного и рабочего давления днище дополнительно в грунте горизонтально и параллельно друг другу укладываются специальные пластины, которые через линии связи соединяются с клеммами электронного коммутатора при этом к электронному коммутатору с помощью линии связи подключен омметр, который линией связи связан с компьютером. Специальные пластины изготовлены из меди и ее сплавов. Пластины установлены по диаметру резервуара попарно. Причем каждой паре соответствует определенный; участок днища резервуара.

Полезная модель работает следующим образом. Через приемный трубопровод нефтепродукт поступает в резервуар.

С целью диагностирования днища резервуара с установленной периодичностью, которая зависит от сроков эксплуатации резервуара с помощью линий связи электронного коммутатора и омметра производятся поочередные замеры сопротивлений пластинами, которые выводятся на компьютер.

По данным измерениям определяется не только утечка горючего из днища резервуара, но и конкретное место утечки.

Отклонение значений от экспериментально полученных при начальном измерении сопротивлений грунта, свидетельствует о наличии утечки из резервуара. Значения с высоким сопротивлением относятся к скоплению нефтепродуктов [71].

Устройство диагностирования утечек из днища резервуара с использованием пластин из разных металлов

Устройство содержит пластины из разных металлов, расположенных группами перпендикулярно днищу и параллельно друг другу. Каждая группа состоит из трех пластин, две пластины из меди и одна из алюминия или никеля, при этом указанные группы пластин установлены по диаметру резервуара так, что каждой из них соответствует определенный участок днища резервуара. Устройство также содержит линии связи, электронный коммутатор и компьютер. Все три пластины, входящие в одну группу, через линии связи соединены с клеммами электронного коммутатора. К электронному коммутатору подключен мультиметр для измерения сопротивлений грунта между пластинами из меди и напряжений грунта между пластинами из меди и алюминия (никеля), при этом мультиметр связан с компьютером.

Изобретение работает следующим образом. Через приемный трубопровод нефтепродукт поступает в резервуар.

С целью диагностирования днища резервуара с установленной периодичностью, которая зависит от сроков эксплуатации резервуара с помощью линий связи электронного коммутатора и мультиметра производятся поочередные замеры сопротивлений грунта между пластинами из меди, которые выводятся на компьютер. В случае отклонения значений сопротивлений от экспериментально полученных значений при начальном измерении грунта, оператор проводит дополнительные измерения. Определяются напряжения грунта между пластинами из меди и алюминия (никеля).

По измерениям сопротивления и напряжения грунта между пластинами определяется не только утечка нефтепродукта из днища резервуара, но и ее конкретное место с целью эффективного ремонта резервуара.

Отклонение значений от экспериментально полученных при начальном измерении сопротивлений и напряжений грунта, свидетельствует о наличии

					Патентный анализ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

утечки из резервуара. Значения с высоким сопротивлением и низким напряжением относятся к скоплению нефтепродуктов [36].

В таблице 2 представлено сравнение устройств для диагностирования утечек из днища резервуара.

Таблица 2 – Сравнение устройств диагностирования утечек из днища резервуара

Устройство	Принцип работы	Преимущества	Недостатки	Стоимость, рублей
Переносное устройство оперативного контроля и диагностики днищ вертикальных стальных резервуаров	Вокруг основания резервуара вводят металлические зонды, между которыми измеряют сопротивление грунта. Эти данные заносят в таблицу и путем расчетов выявляют аномальные показатели, которые указывают на утечку.	1) Возможность применения на разных резервуарах. 2) Дешевизна.	1) Низкая точность определения в зимней период и в условиях влажной почвы. 2) Длительность и трудоемкость.	600000
Резервуар с двойным дном, оборудованный установкой улавливания паров нефтепродуктов и устройством для диагностирования днища	В резервуар с помощью троса опускается источник звука. Волны, создающиеся источником звука, распространяются в нефти и по дну резервуара. При взаимодействии прошедшей звуковой волны с волоконно-оптическим датчиком давления в последнем возникают механические напряжения, которые при определенных значениях указывают на утечку.	1) Дополнительно оборудуется установкой улавливания паров нефтепродукта. 2) Снижается вероятность загрязнения окружающей среды нефтепродуктами.	1) Невысокая точность определения. 2) Вероятность возникновения взрывоопасных смесей между днищами. 3) Повышенная металлоемкость резервуара. 4) Длительность и трудоемкость.	2100000
Резервуар, оборудованный стационарным устройством диагностирования днища	В грунте на определенном расстоянии от днища резервуара оборудуются зонды первого уровня, перпендикулярно которым устанавливаются зонды второго уровня. Производятся поочередные замеры сопротивлений между металлическими зондами различных уровней. Значения с высоким сопротивлением указывают на утечку.	1) Удовлетворительная точность определения места утечки.	1) Повышенная металлоемкость резервуара (за счет большого числа зондов). 2) Высокая стоимость. 3) Изменение расстояния между уровнями зондов из-за просадки грунта. 4) Трудоемкость.	2900000
Устройство диагностирования утечек из днища резервуара с использованием специальных пластин	Пластины устанавливаются в грунт под днище резервуара. С помощью линий связи и омметра производятся поочередные замеры сопротивлений грунта между пластинами. Значения с высоким сопротивлением указывают на утечку.	1) Хорошая точность определения места утечки.	1) Высокая стоимость. 2) Отсутствие возможности определения утечки при выходе из строя линий связи или одной из пластин под резервуаром.	3000000
Устройство диагностирования утечек из днища резервуара с использованием пластин из разных металлов	Пластины из меди и никеля устанавливаются в грунт под днище резервуара группами по 3 шт. С помощью линий связи и мультиметра производятся поочередные замеры сопротивлений и напряжений грунта между пластинами. Значения с высоким сопротивлением и низким напряжением указывают на утечку.	1) Высокая точность определения места утечки. 2) Возможность работы при выходе из строя одной из пластин в группе. 3) Быстрое время определения утечки.	1) Высокая стоимость.	3200000

Описание оптимального устройства

Путем проведения патентного анализа определено оптимальное оборудование – устройство диагностирования утечек из днища резервуара с использованием пластин из разных металлов. Оно имеет лучшие характеристики по сравнению со своими аналогами.

Так как РВСП-20000 не новый и находится в эксплуатации более 30 лет, требуется дополнительный мониторинг его состояния для обеспечения безаварийной работы предприятия. В целях эксперимента предложена установка данного устройства на исследуемый резервуар.

Сущность устройства пояснена рисунками 8 и 9, на которых изображены: разрез резервуара и схема работы устройства.

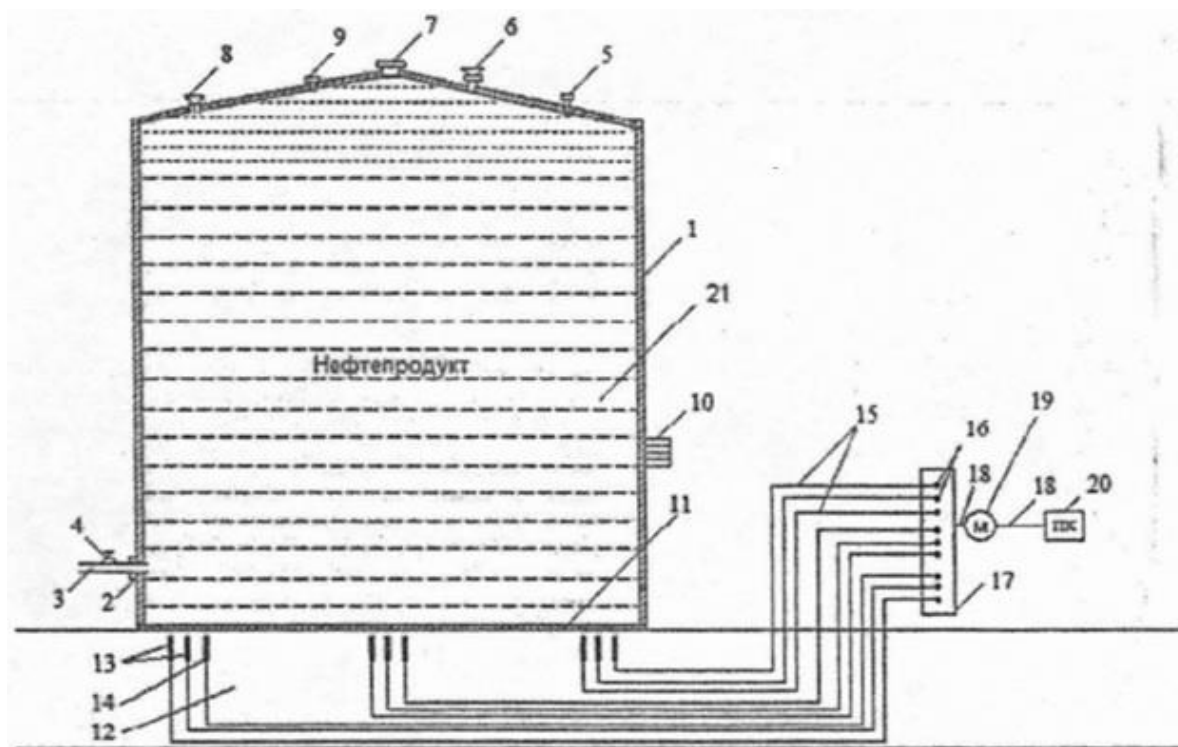


Рисунок 8 – Разрез резервуара с устройством диагностирования утечек:
1 – резервуар; 2 – ПРП; 3 – трубопровод для приема и выдачи нефти; 4 – задвижка; 5,6 – световой и замерный люки; 7 – вентиляционный люк; 8,9 – вентиляционные патрубки; 10 – люк-лаз; 11 – днище; 12 – грунт; 13 – пластины из меди; 14 – пластина из алюминия (никеля); 15 – линии связи; 16 – клеммы; 17 – коммутатор; 18 – линия связи; 19 – мультиметр; 20 – компьютер

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

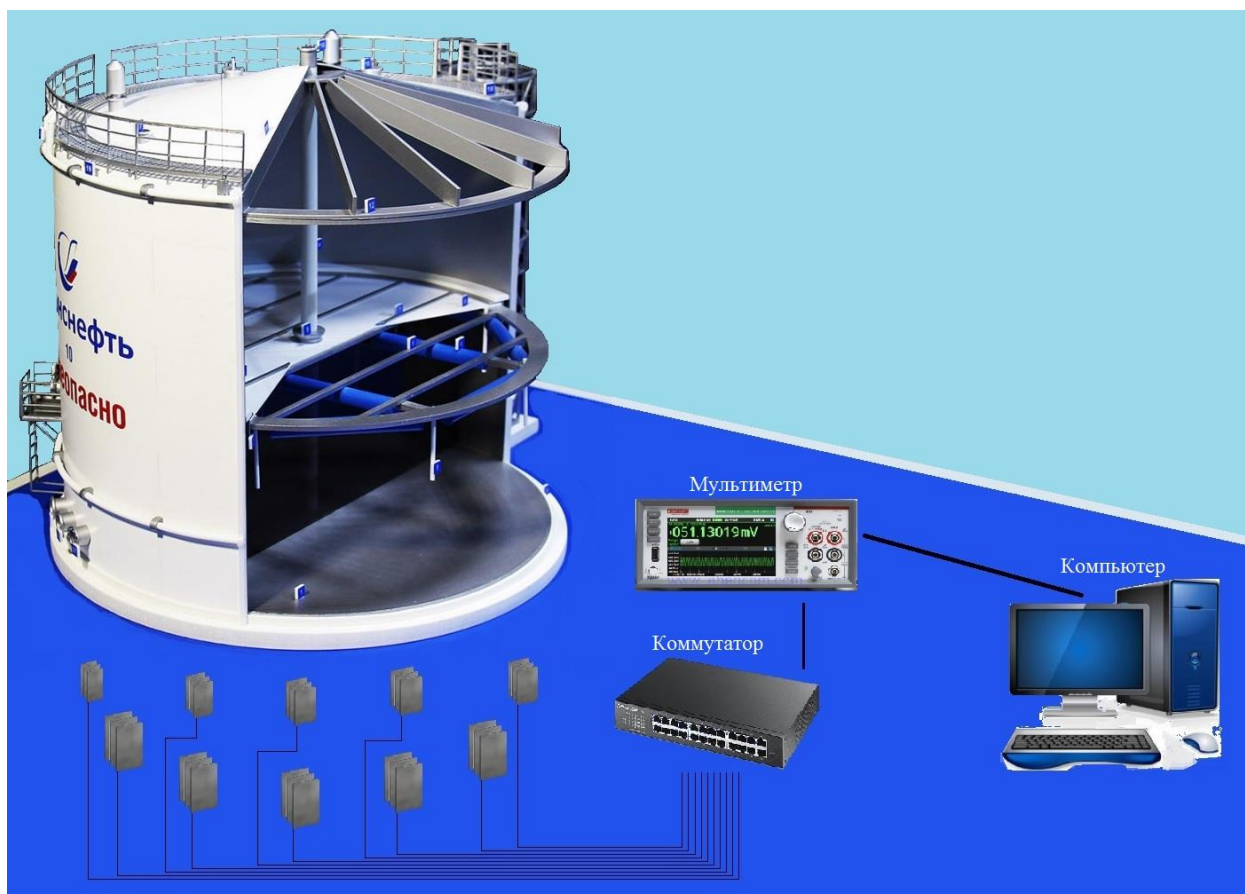


Рисунок 9 – Схема устройства диагностирования утечек из днища резервуара с использованием пластин из разных металлов

Под резервуаром 1 (рисунок 8 и 9), имеющим приемный и раздаточный патрубки 2, трубопровод для приема и выдачи нефти и нефтепродуктов 3, задвижку 4, световой и замерный люки 5, 6, вентиляционный люк 7, вентиляционные патрубки 8, 9, люк-лаз 10, днище 11 дополнительно в грунте 12 перпендикулярно днищу резервуара и параллельно друг другу укладываются три пластины. Две пластины из меди 13 и одна пластина из алюминия (никеля) 14. Пластины устанавливаются на расстоянии 10-15 см от днища резервуара, при этом расстояние между самими пластинами 10 см.

Пластины 13, 14 через линии связи 15 соединяются с клеммами 16 электронного коммутатора 17. При этом к электронному коммутатору с помощью линии связи 18 подключен мультиметр 19, который линией связи 18 связан с компьютером 20. Мультиметр имеет возможность определять значения сопротивления и напряжения грунта между пластинами. Пластины

установлены по диаметру резервуара группами по три штуки. Причем каждой группе соответствует определенный участок днища резервуара. Пластины расположены следующим образом: 1 пластина из меди, 2 пластина из меди, 3 пластина из алюминия.

Монтаж данного устройства, в отличие от его аналогов, возможен как на вновь строящихся РВС, так и на реконструируемых резервуарах (во время ремонта днища резервуара).

Оборудование устанавливается на резервуар стационарно и работает в автоматическом режиме (не требует дополнительных расчетов для выявления утечки).

Прогнозируемый срок службы устройства диагностирования утечек из днища в климатических условиях города Омска (продолжительная зима, умеренное количество осадков) составляет 10 лет.

Большим преимуществом предлагаемого изобретения является то, что оно имеет сразу 3 пластины в одной группе. Следовательно, при выходе из строя одной из пластин, оборудование может продолжать работать с прежней эффективностью.

За счет использования этого устройства увеличивается эффективность определения утечек нефтепродуктов из днища резервуара без его освобождения, повышается надежность РВСП, сокращается время определения утечки, а также возрастает точность определения конкретного места утечки из днища резервуара (за счет мониторинга всей площади днища).

5. Расчетная часть

Поверочный расчет на прочность и устойчивость стенки резервуара производится согласно РД-23.020.00-КТН-018-14 «Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов объемом 1000–50000 куб.м» [4].

5.1. Исходные данные для расчета

Технические параметры резервуара:

- тип резервуара – РВСП-20000;
- высота стенки – 17,9 м;
- внутренний диаметр – 39,9 м;
- расчетная высота налива нефти – 16,2 м.

Конструкция резервуара состоит из 12 поясов. Сталь, из которой изготовлен резервуар – 09Г2С. Листовой прокат размером 1,5×6 м. Плотность нефти примем равной 871 кг/м³. Параметры стенки резервуара представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры стенки по результатам диагностики

Номер пояса	Толщина по паспорту, мм	Фактическая толщина, мм	Марка стали
1	18,0	17,5	09Г2С
2	16,0	14,9	
3	14,0	13,6	
4	13,0	12,5	
5	12,0	11,8	
6	11,0	10,7	
7	10,0	9,6	
8	10,0	9,8	
9	10,0	9,8	
10	10,0	9,6	
11	10,0	9,7	
12	10,0	9,8	

					Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Расчетная часть			Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Шадрина А.В.								73	121
Консульт.								НИ ТПУ гр. 2БМ81			
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.									

5.2. Расчет номинальной толщины стенки в каждом поясе

Номинальная толщина стенки t_i , м, в каждом поясе резервуара определяется по формуле:

$$t_i = \max(t_{Ud}, t_{Ug}),$$

где t_{Ud} – номинальная толщина стенки для режима эксплуатации, м, определяемая по формуле:

$$t_{Ud} = [0,001 \cdot \rho \cdot g \cdot (H - x_L) + 1,20 \cdot p] \cdot \frac{r}{R} + \Delta t_{ic} + \Delta t_{im},$$

t_{Ug} – номинальная толщина стенки для режима гидравлических испытаний, м, определяемая по формуле:

$$t_{Ug} = [0,001 \cdot \rho_g \cdot g \cdot (H_g - x_L) + 1,25 \cdot p] \cdot \frac{r}{R} + \Delta t_{im},$$

где ρ – плотность продукта, 0,871 т/м³;

ρ_g – плотность воды, используемой для гидравлических испытаний, 1 т/м³;

g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с²;

H – высота налива продукта при эксплуатации, 16,2 м;

H_g – высота налива воды при гидравлических испытаниях, 16,2 м;

x_L – расстояние от дна до нижней кромки i -го пояса (равно ширине листа), м;

p – нормативное избыточное давление в резервуаре, 0,002 МПа;

r – радиус резервуара, 19,95 м;

R – расчетное предельно допустимое напряжение, МПа;

Δt_{ic} – припуск на коррозию для i -го пояса стенки, 0,002 м;

Δt_{im} – нижнее предельно допустимое отклонение толщины проката для i -го пояса стенки, 0,00045 м.

Расчетное предельно допустимое напряжение R , МПа, определяется по формуле:

$$R = \frac{R_{yn} \cdot \gamma_c}{\gamma_m \cdot \gamma_n},$$

					Расчетная часть	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где R_{yn} – нормативное сопротивление, принимаемое равным гарантированному значению предела текучести по действующим стандартам и техническим условиям на сталь, МПа (345 МПа для стали 09Г2С);

γ_n – безразмерный коэффициент надежности по ответственности, принимаемый в соответствии с требованиями ФЗ [37] равным 1,1;

γ_m – безразмерный коэффициент надежности по материалу, принимаемый равным 1,025;

γ_c – безразмерный коэффициент условий работы поясов стенки, принимаемый в условиях эксплуатации для первого пояса равным 0,7; для остальных поясов равным 0,8; в условиях гидроиспытаний равным 0,9 для всех поясов.

Предельно допустимое напряжение R_1 для первого пояса в условиях эксплуатации:

$$R_1 = \frac{R_{yn} \cdot \gamma_c}{\gamma_m \cdot \gamma_n} = \frac{345 \cdot 0,7}{1,025 \cdot 1,1} = 214,19 \text{ МПа.}$$

Предельно допустимое напряжение R_2 для остальных поясов в условиях эксплуатации:

$$R_2 = \frac{R_{yn} \cdot \gamma_c}{\gamma_m \cdot \gamma_n} = \frac{345 \cdot 0,8}{1,025 \cdot 1,1} = 244,79 \text{ МПа.}$$

Предельно допустимое напряжение R_3 для всех поясов в условиях гидроиспытаний:

$$R_3 = \frac{R_{yn} \cdot \gamma_c}{\gamma_m \cdot \gamma_n} = \frac{345 \cdot 0,9}{1,025 \cdot 1,1} = 275,39 \text{ МПа.}$$

Расчетная толщина стенки t_{Ud1} в условиях эксплуатации для первого пояса:

$$t_{Ud1} = [0,001 \cdot 0,871 \cdot 9,81 \cdot (16,2 - 0) + 1,20 \cdot 0,002] \cdot \frac{19,95}{214,19} + 0,002 + 0,00045 = 0,0156 \text{ м.}$$

Расчетная толщина стенки t_{Ud2} в условиях эксплуатации для второго пояса:

					Расчетная часть	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$t_{Ud2} = [0,001 \cdot 0,871 \cdot 9,81 \cdot (16,2 - 1,5) + 1,20 \cdot 0,002] \cdot \frac{19,95}{244,79} + 0,002 \\ + 0,00045 = 0,0129 \text{ м.}$$

Расчетная толщина стенки t_{Ug1} в условиях гидроиспытаний для первого пояса:

$$t_{Ug1} = [0,001 \cdot 1 \cdot 9,81 \cdot (16,2 - 0) + 1,25 \cdot 0,002] \cdot \frac{19,95}{275,39} + 0,00045 \\ = 0,0121 \text{ м.}$$

Остальные полученные значения толщины поясов резервуара представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Толщины поясов резервуара

Номер пояса	Расчетная толщина стенки, мм		Номинальная толщина стенки из условия $t_i = \max(t_{Ud}, t_{Ug})$, мм	Фактическая толщина стенки, мм
	В условиях эксплуатации, t_{Ud}	В условиях гидроиспытаний, t_{Ug}		
1	15,57	12,14	15,57	17,5
2	12,88	11,08	12,88	14,9
3	11,84	10,01	11,84	13,6
4	10,79	8,95	10,79	12,5
5	9,75	7,88	9,75	11,8
6	8,70	6,81	8,70	10,7
7	7,66	5,75	7,66	9,6
8	6,62	4,68	6,62	9,8
9	5,57	3,62	5,57	9,8
10	4,53	2,55	4,53	9,6
11	3,48	1,48	3,48	9,7
12	2,44	0,42	2,44	9,8

Согласно РД-23.020.00-КТН-018-14 минимальная конструктивная толщина стенки резервуара диаметром от 25 до 40 м включительно равна 8 мм.

Результаты расчета толщины t , м, для каждого пояса стенки должны быть округлены до целого числа в большую сторону.

Вывод: фактическая толщина стенки соответствует требованиям расчетной номинальной толщине.

5.3. Поверочный расчет стенки резервуара на прочность

Поверочный расчет на прочность для каждого пояса стенки резервуара должен выполняться в соответствии с требованиями [38] по следующему неравенству:

$$\sqrt{\sigma_{1i}^2 - \sigma_{1i} \cdot \sigma_{2i} + \sigma_{2i}^2} \leq R,$$

где σ_{1i} – осевые напряжения в i -м поясе стенки, МПа;

σ_{2i} – кольцевые напряжения в i -м поясе стенки, МПа.

Расчет осевых напряжений

Осевые напряжения σ_{1i} , МПа, в i -м поясе стенки для резервуаров со стационарной крышей определяются по формуле:

$$\sigma_{1i} = \frac{n_3 \cdot (G_{кр} + G_{ст,i}) + \psi \cdot n_{сн} \cdot G_{сн}}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot t_{fi}},$$

где $G_{кр}$ – вес покрытия (крыши) резервуара, кН;

$G_{ст,i}$ – вес вышележащих поясов стенки, кН;

$G_{сн}$ – полное расчетное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия, кН;

$n_3=1,05$ – коэффициент надежности по нагрузки от собственного веса;

$n_{сн}=1,4$ – коэффициент надежности по снеговой нагрузки;

$\psi=0,9$ – коэффициент сочетаний для кратковременных нагрузок, назначаемый в соответствии с требованиями [41];

t_{fi} – фактическая толщина i -го пояса стенки, мм;

r – радиус резервуара, м.

Определение веса крыши резервуара

Вес покрытия резервуара рассчитывается по нормативному давлению крыши $P_{кр}$:

					Расчетная часть	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$G_{кр} = P_{кр} \cdot \pi \cdot r^2.$$

Для резервуара объемом $V=20000 \text{ м}^3$ давление крыши $p_{кр} = 0,55 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$.

$$G_{кр} = 0,55 \cdot 3,14 \cdot 19,95^2 = 687,4 \text{ кН}.$$

Определение веса стенки резервуара

Вес выпележающих поясов стенки резервуара определяется из условия, что высота всех поясов одинакова и равна ширине листа $B=1,5 \text{ м}$:

$$G_{ст,i} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot B \cdot \gamma_{ст} \cdot \sum_{k=i}^a t_{fk},$$

где a – номер последнего пояса, если начало отсчета снизу;

$\gamma_{ст} = 78,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$ – удельный вес стали.

Вес стенки при расчете первого пояса:

$$G_{ст,1} = 2 \cdot 3,14 \cdot 19,95 \cdot 1,5 \cdot 78,5 \cdot (17,5 + 14,9 + 13,6 + 12,5 + 11,8 + 10,7 + 9,6 + 9,8 + 9,8 + 9,6 + 9,7 + 9,8) \cdot 10^{-3} = 2055 \text{ кН}.$$

Вес стенки при расчете второго пояса:

$$G_{ст,2} = 2 \cdot 3,14 \cdot 19,95 \cdot 1,5 \cdot 78,5 \cdot (14,9 + 13,6 + 12,5 + 11,8 + 10,7 + 9,6 + 9,8 + 9,8 + 9,6 + 9,7 + 9,8) \cdot 10^{-3} = 1796,8 \text{ кН}.$$

Результаты расчетов веса стенки для всех поясов приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Вес стенки резервуара

Номер пояса	Вес стенки, кН	Номер пояса	Вес стенки, кН
1	2055,0	7	860,1
2	1796,8	8	718,4
3	1577,0	9	573,9
4	1376,4	10	429,3
5	1192,0	11	287,7
6	1017,9	12	144,6

Определение снеговой нагрузки

Вес снегового покрова на всю крышу:

$$G_{\text{сн}} = P_{\text{сн}} \cdot \pi \cdot r^2 = \mu \cdot S_g \cdot \pi \cdot r^2.$$

Нормативная снеговая нагрузка на горизонтальную проекцию резервуара:

$$P_{\text{сн}} = \mu \cdot S_g,$$

где μ – коэффициент перехода от веса снегового покрытия горизонтальной поверхности земли к снеговой нагрузке на трубопровод;

S_g – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли, которое выбирается по таблице 6 для соответствующего снегового района Российской Федерации.

Таблица 6 – Нормативные значения веса снегового покрова

Снеговые районы Российской Федерации	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
S_g , кПа	0,8	1,2	1,8	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6

Город Омск находится в III снеговом районе, для которого $S_g = 1,8$ кН. Коэффициент $\mu = 1$ для такого варианта крыши, когда угол наклона поверхности крыши к горизонтальной плоскости $\alpha \leq 25^\circ$.

Вес снегового покрова на крышу:

$$G_{\text{сн}} = 1 \cdot 1,8 \cdot 3,14 \cdot 19,95^2 = 2249,5 \text{ кН.}$$

Определение осевых напряжений в каждом поясе стенки резервуара от вертикальной нагрузки

Определение напряжений:

– в первом поясе

$$\begin{aligned} \sigma_{11} &= \frac{n_3 \cdot (G_{\text{кр}} + G_{\text{ст},i}) + \psi \cdot n_{\text{сн}} \cdot G_{\text{сн}}}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot t_{fi}} \\ &= \frac{1,05 \cdot (687,4 + 2055) + 0,9 \cdot 1,4 \cdot 2249,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 19,55 \cdot 17,5} = 2,66 \text{ МПа;} \end{aligned}$$

– во втором поясе

$$\sigma_{12} = \frac{1,05 \cdot (687,4 + 1796,8) + 0,9 \cdot 1,4 \cdot 2249,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 19,55 \cdot 14,9} = 2,98 \text{ МПа.}$$

Значения осевых напряжений в остальных поясах приведены в таблице 7.

Расчет кольцевых напряжений

Кольцевые напряжения σ_{2i} , МПа, в i -м поясе стенки определяются по формуле:

$$\sigma_{2i} = [0,001 \cdot \rho \cdot g \cdot (H - x_L) + 1,20 \cdot p] \cdot \frac{r}{t_{fi}},$$

где ρ – плотность продукта, 0,871 т/м³;

g – ускорение свободного падения, 9,81 м/с²;

H – высота налива продукта при эксплуатации, 16,2 м;

x_L – расстояние от дна до нижней кромки i -го пояса, м;

p – нормативное избыточное давление в резервуаре, 0,002 МПа;

r – радиус резервуара, 19,95 м;

t_{fi} – фактическая толщина i -го пояса стенки, м.

Определение напряжений:

– в первом поясе

$$\begin{aligned} \sigma_{21} &= [0,001 \cdot 0,871 \cdot 9,81 \cdot (16,2 - 0) + 1,20 \cdot 0,002] \cdot \frac{19,95}{17,5 \cdot 10^{-3}} \\ &= 160,54 \text{ МПа;} \end{aligned}$$

– во втором поясе

$$\begin{aligned} \sigma_{22} &= [0,001 \cdot 0,871 \cdot 9,81 \cdot (16,2 - 1,5) + 1,20 \cdot 0,002] \cdot \frac{19,95}{14,9 \cdot 10^{-3}} \\ &= 171,39 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Значения кольцевых напряжений в остальных поясах приведены в таблице 7.

					Расчетная часть	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 7 – Напряжения для расчета стенки резервуара на прочность

Номер пояса	σ_{1i} , МПа	σ_{2i} , МПа	$\sqrt{\sigma_{1i}^2 - \sigma_{1i} \cdot \sigma_{2i} + \sigma_{2i}^2}$, МПа	R, МПа	Выполнение условия $\sqrt{\sigma_{1i}^2 - \sigma_{1i} \cdot \sigma_{2i} + \sigma_{2i}^2} \leq R$
1	2,66	160,54	159,22	214,19	Да
2	2,98	171,39	169,92	244,79	Да
3	3,12	168,97	167,43	244,79	Да
4	3,26	163,38	161,78	244,79	Да
5	3,32	151,41	149,78	244,79	Да
6	3,52	143,08	141,35	244,79	Да
7	3,78	132,83	130,98	244,79	Да
8	3,58	104,03	102,29	244,79	Да
9	3,46	77,94	76,27	244,79	Да
10	3,40	52,93	51,31	244,79	Да
11	3,24	26,02	24,57	244,79	Да
12	3,08	-0,33	3,26	244,79	Да

Вывод: По результатам расчета условие прочности $\sqrt{\sigma_{1i}^2 - \sigma_{1i} \cdot \sigma_{2i} + \sigma_{2i}^2} \leq R$

R выполняется для всех поясов.

5.4. Поверочный расчет стенки резервуара на устойчивость

Устойчивость стенки резервуара считается обеспеченной при выполнении следующего условия:

$$\frac{\sigma_{1i}}{\sigma_{cr1}} + \frac{\sigma_{2i}}{\sigma_{cr2}} \leq 1,$$

где σ_{1i} – осевые напряжения в i -м поясе стенки, МПа;

σ_{cr1} – критические осевые напряжения в i -м поясе стенки, МПа;

σ_{2i} – кольцевые напряжения в i -м поясе стенки, МПа;

σ_{cr2} – критические кольцевые напряжения в i -м поясе стенки, МПа.

Расчет осевых напряжений

Осевые напряжения σ_{1i} , МПа, в i -м поясе стенки для резервуаров со стационарной крышей определяются аналогично предыдущему пункту по формуле:

$$\sigma_{1i} = \frac{n_3 \cdot (G_{кр} + G_{ст,i}) + \psi \cdot n_{сн} \cdot G_{сн}}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot t_{fi}}.$$

Результаты расчета осевых напряжений для всех поясов приведены в таблице 9.

Расчет кольцевых напряжений

Кольцевые напряжения σ_{2i} , МПа, в i -ом поясе стенки для резервуаров со стационарной крышей определяются по формуле:

$$\sigma_{2i} = \psi \cdot P_w \cdot \delta,$$

где P_w – нормативное значение ветрового давления, МПа, принимаемое в зависимости от ветрового района по таблице 8;

$\psi=0,9$ – коэффициент сочетаний для кратковременных нагрузок, назначаемый в соответствии с требованиями [41];

δ – безразмерный параметр, определяемый по формуле:

$$\delta = \frac{r}{t_{mf}} = \frac{19,95}{9,6 \cdot 10^{-3}} = 2078,1,$$

где r – радиус резервуара, м;

t_{mf} – фактическая толщина самого тонкого пояса стенки, м.

Таблица 8 – Нормативные значения ветрового давления

Ветровые районы РФ	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
P_w , кПа	0,17	0,23	0,30	0,38	0,48	0,60	0,73	0,85

Омск относится ко второму району по давлению ветра, соответственно из таблицы выбираем $P_w = 0,30$ кПа.

Определение кольцевых напряжений:

$$\sigma_{2i} = 0,9 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 2078,1 = 0,56 \text{ МПа.}$$

Расчет критических осевых напряжений

Критические осевые напряжения σ_{cr1} , МПа, определяются по формуле:

$$\sigma_{cr1} = C_0 \cdot \frac{E}{\delta},$$

где C_0 – безразмерный коэффициент, определяемый по формулам:

$$C_0 = \begin{cases} 0,04 + 40/\delta & \text{при } 400 \leq \delta \leq 1220 \\ 0,085 - 10^{-5} \cdot \delta & \text{при } 1220 \leq \delta \leq 2500 \\ 0,065 - 2 \cdot 10^{-6} \cdot \delta & \text{при } 2500 \leq \delta \leq 5000 \end{cases};$$

$E = 2,1 \cdot 10^5$ – модуль упругости стали, МПа;

δ – безразмерный параметр.

Определение коэффициента C_0 , при $\delta = 2078,1$:

$$C_0 = 0,085 - 10^{-5} \cdot 2078,1 = 0,064.$$

Определение критических осевых напряжений:

$$\sigma_{cr1} = 0,064 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^5}{2078,1} = 6,47 \text{ МПа.}$$

Расчет критических кольцевых напряжений

Критические кольцевые напряжения σ_{cr2} , МПа, определяются по формуле:

$$\sigma_{cr2} = 0,55 \cdot \frac{r}{H_r} \cdot \frac{E}{\sqrt{\delta^3}},$$

где r – радиус резервуара, м;

$E = 2,1 \cdot 10^5$ – модуль упругости стали, МПа;

H_r – редуцированная высота стенки, м;

δ – безразмерный параметр.

Редуцированная высота стенки H_r , м, определяется по формуле:

$$H_r = \sum_{i=1}^n h_i \cdot \left(\frac{t_{mf}}{t_{fi}} \right)^{2,5},$$

где h_i – высота i -го пояса, м, высоту каждого пояса принимаем равной 1,5 м;

t_{mf} – фактическая толщина самого тонкого пояса стенки, м;

t_{fi} – фактическая толщина i -го пояса стенки, м.

Определение редуцированной высоты стенки:

					Расчетная часть	Лист
						83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$H_r = \sum_{i=1}^{12} 1,5 \cdot \left(\frac{9,6}{t_{fi}} \right)^{2,5} = 13,01 \text{ м.}$$

Определение критических кольцевых напряжений:

$$\sigma_{cr2} = 0,55 \cdot \frac{19,95}{13,01} \cdot \frac{2,1 \cdot 10^5}{\sqrt{2078,1^3}} = 1,87 \text{ МПа.}$$

Таблица 9 – Напряжения для расчета стенки резервуара на устойчивость

Номер пояса	σ_{1i} , МПа	σ_{cr1} , МПа	$\frac{\sigma_{1i}}{\sigma_{cr1}}$	σ_{2i} , МПа	σ_{cr2} , МПа	$\frac{\sigma_{2i}}{\sigma_{cr2}}$	$\frac{\sigma_{1i}}{\sigma_{cr1}} + \frac{\sigma_{2i}}{\sigma_{cr2}}$
1	2,66	6,47	0,41	0,56	1,87	0,30	0,71
2	2,98		0,46				0,76
3	3,12		0,48				0,78
4	3,26		0,50				0,80
5	3,32		0,51				0,81
6	3,52		0,54				0,84
7	3,78		0,58				0,88
8	3,58		0,55				0,85
9	3,46		0,53				0,83
10	3,40		0,53				0,83
11	3,24		0,50				0,80
12	3,08		0,48				0,78

Вывод: По результатам расчета условие устойчивости $\frac{\sigma_{1i}}{\sigma_{cr1}} + \frac{\sigma_{2i}}{\sigma_{cr2}} \leq 1$

выполняется для всех поясов.

5.5. Расчет напряженно-деформированного состояния стенки РВСП-20000 м³

Для достоверной оценки работоспособности резервуара необходимо построение модели сооружения, которая бы отражала его реальную геометрию и напряженно-деформированное состояние при действующих эксплуатационных нагрузках.

Для решения данной задачи был выбран программный комплекс ANSYS R 16.1 на основе МКЭ. Такой анализ позволяет получить дополнительную информацию о возможных причинах разрушения конструкции. Отметим, что такой подход допускается в РД 08-95-95 – «Положении о системе технического диагностирования сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов» [40].

Решение задачи начинается с построения модели резервуара в программном комплексе Autodesk Inventor (рисунок 10), которая впоследствии была загружена в программный комплекс ANSYS R 16.1 для дальнейшего расчета напряжений.

Резервуар состоит из 12 поясов стенки разной толщины общей высотой 17,9 м., толщина нижнего и верхнего поясов составляет 17,5 и 9,8 мм соответственно. Диаметр резервуара равен 39900 мм.

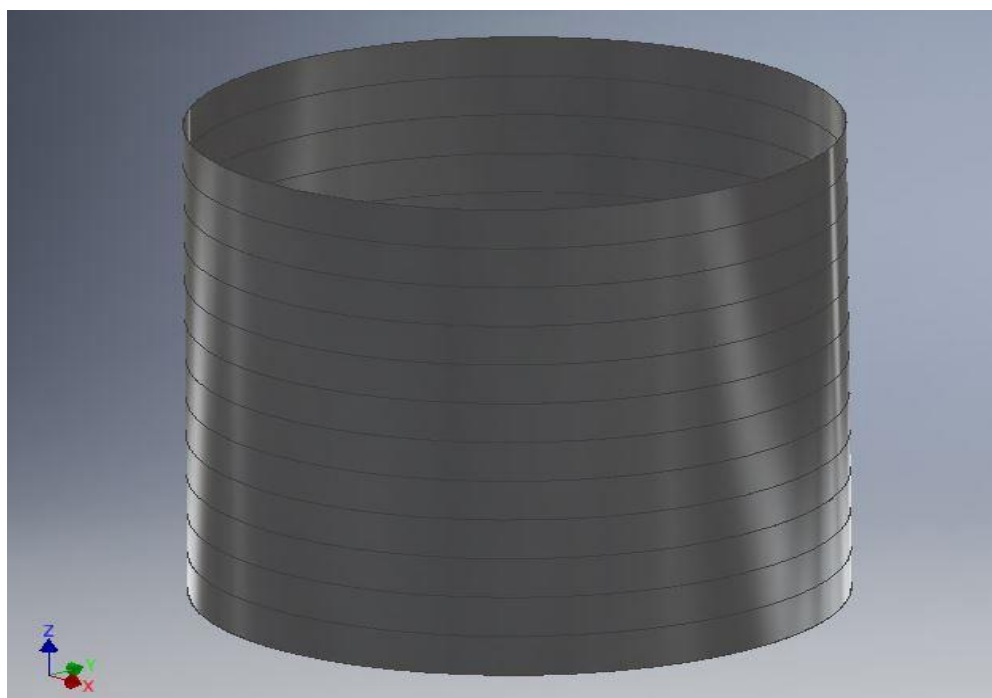


Рисунок 10 – Геометрическая модель резервуара

Для всей конструкции резервуара была выбрана сталь 09Г2С (предел текучести 345 МПа, предел прочности 490 МПа).

Принято, что резервуар жестко закреплен по нижнему ребру стенки. На сооружение действуют следующие нагрузки, рассчитанные в предыдущем пункте согласно РД-23.020.00-КТН-018-14: гидростатическая от столба жидкости высотой 16,2 м и плотностью 871 кг/м³; ветровая (приложена к стенке равномерно) – 300 Па; снеговая нагрузка – 2250 кН, нагрузка от веса крыши резервуара – 687 кН, которые приложены равномерно к верхнему ребру стенки РВСП-20000 м³.

Результаты численного моделирования, полученные для заданных условий, представлены на рисунке 11.

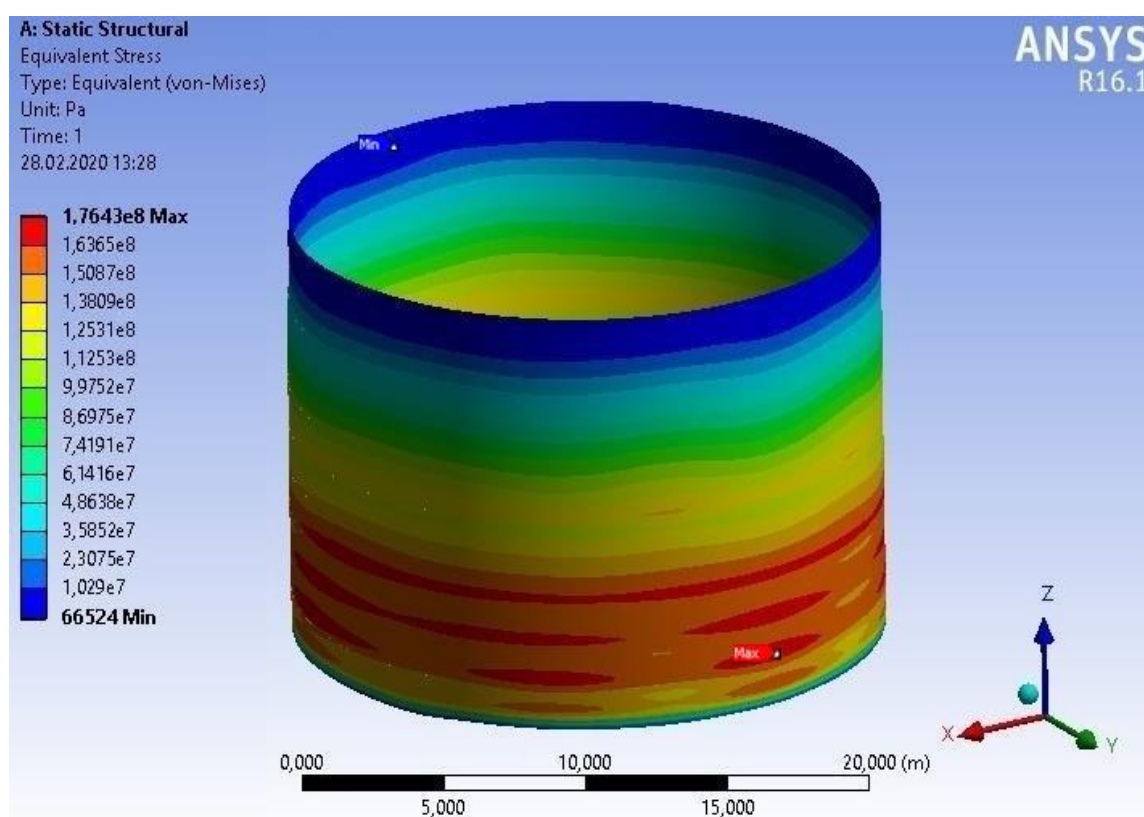


Рисунок 11 – Эквивалентные напряжения по Мизесу

Анализ напряженно – деформированного состояния стенки РВС с учетом эксплуатационных нагрузок показал, что напряжение в обечайке при эксплуатации резервуара возрастает. Вследствие этого возникают зоны концентрации напряжений, располагающиеся в области I–IV пояса стенки, величины эквивалентных напряжений здесь достигают 176 МПа. Исходя из полученных результатов, рекомендуется при проведении технического

освидетельствования резервуара проводить расчет методом конечных элементов с целью выявления зон с максимальной концентрацией напряжений и выявления дефектов металла.

В ходе расчета установлено, что напряжения, действующие в металлоконструкциях резервуара, не превышают предельно допустимых значений ($R_1 = 214,2$ МПа для первого пояса; $R_2 = 244,8$ МПа для остальных поясов), рассчитанных в предыдущем пункте согласно нормативно-техническим документам [4]. Минимальный коэффициент запаса прочности в таком случае будет составлять 1,31. Рассчитанное значение напряжения указывает на то, что разрушение конструкции резервуара, а также пластических деформаций в нем при заданных нагрузках не произойдет.

Сравнение напряжений приведено в таблице 10. При сравнении расчетных значений установлено, что разница между максимальным значением напряжений, рассчитанным аналитически (169,92 МПа), и максимальным значением напряжений, рассчитанным с помощью программного комплекса ANSYS (176,43 МПа), составляет 4 %. Средняя погрешность расчетов составила 6 %. По итогам расчетов рекомендована дальнейшая эксплуатация резервуара.

Таблица 10 – Сравнение максимальных напряжений

Номер пояса	Максимальные напряжения, рассчитанные по методике РД-23.020.00-КТН-018-14, МПа	Максимальные напряжения, рассчитанные в программном комплексе ANSYS, МПа	Погрешность, %
1	159,22	163,18	2,5
2	169,92	176,43	3,7
3	167,43	175,80	4,8
4	161,78	169,17	4,4
5	149,78	154,72	3,2
6	141,35	147,01	3,9
7	130,98	136,22	3,8
8	102,29	106,62	4,1
9	76,27	84,01	9,2
10	51,31	55,83	8,1
11	24,57	26,50	7,3
12	3,26	3,93	17,0

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе будет произведен расчет сметной стоимости работ по капитальному ремонту РВСП-20000 м³.

6.1. Нормативная продолжительность работ

Прежде, чем провести расчет затрат на проведение мероприятия, необходимо составить календарный план с указанием выполняемых работ и времени, необходимого на проведение этих работ, а также потребность в рабочей силе.

В таблице 11 представлены нормы времени выполнения операций при капитальном ремонте РВСП-20000 м³.

Таблица 11 – Нормы времени выполнения технологических операций

№ п/п	Наименование операций	Продолжительность работ, часов
1	Обустройство проезда через обвалование для строительно-монтажной техники	4
2	Обустройство площадки для резки демонтированных элементов	4
3	Устройство временных площадок хранения материалов и оборудования	4
4	Устройство распределительных щитов и временной электропроводки для обеспечения работы электрооборудования	4
5	Ремонт (замена) листов стенки	150
6	Ремонт (замена) днища	130
7	Замена патрубков и люков	60
8	Ремонт понтона	60
9	Ремонт шахтной лестницы и площадки обслуживания	40
10	Устройство контура заземления	30
11	Устройство системы пожаротушения	60
12	Контроль качества сварных соединений	140
13	Демонтаж существующего антикоррозионного покрытия	300
14	Гидроиспытание резервуара	100

					Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение			Лит.	Лист	Листов		
Руковод.		Шадрина А.В.								88	121	
Консульт.		Романюк В.Б.						НИ ТПУ гр. 2БМ81				
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.										

Продолжение таблицы 11

15	Нанесение антикоррозионного покрытия на наружную и внутреннюю поверхности	270
16	Обустройство пешеходных дорожек в каре резервуара	24
17	Очистка территории от строительного мусора	24
18	Восстановление обвалования	12
	Итого продолжительность работ	1416

В таблице 12 представлена потребность в рабочем персонале.

Таблица 12 – Количество рабочего персонала

№ п/п	Должность	Количество человек
1	Мастер участка	1
2	Газорезчик	2
3	Электросварщик	2
4	Монтажник	5
5	Геодезист	1
6	Дефектоскопист	2
7	Маляр	3
8	Машинист крана	1
9	Водитель	2
	Итого:	18

6.2. Расчет сметной стоимости работ по ремонту РВСП-20000 м³

Основные методы расчёта сметной стоимости работ отражены на рисунке 12.

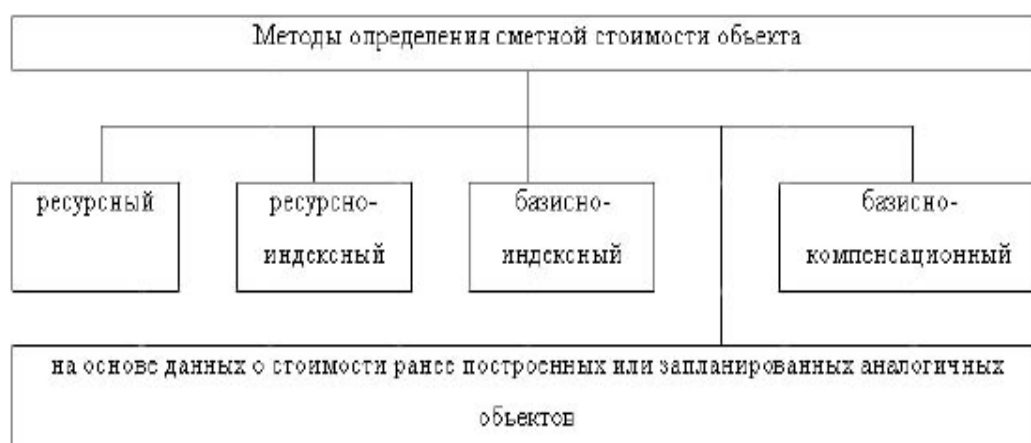


Рисунок 12 – Методы определения сметной стоимости

Ресурсный метод – калькулирование в текущих (прогнозных) ценах и тарифах ресурсов (элементов затрат), необходимых для реализации проектного решения. При составлении смет используются натуральные измерители расхода материалов и конструкций, затрат времени эксплуатации машин и оборудования, затраты труда рабочих, а цены на указанные ресурсы принимаются текущие (т.е. на момент составления смет). Использование данного метода позволяет определить сметную стоимость объекта на любой момент времени [42].

Расчет затрат на проведение работ по ремонту РВСП-20000 м³.

Состав затрат в соответствии с их экономическим содержанием формируется по следующим элементам:

- затраты на спецоборудование;
- материальные затраты;
- затраты на оплату труда;
- страховые взносы в государственный внебюджетный фонд;
- амортизационные отчисления;
- накладные расходы.

В таблицах 13 – 17 представлены отдельные статьи затрат. В таблице 18 представлена общая смета затрат на выполнение проектно-изыскательской работы.

К материальным расходам относятся затраты на приобретение:

- сырья, основных и вспомогательных материалов, используемых в производственном процессе;
- запасных частей, комплектующих изделий, тары и др.;
- работ и услуг производственного характера, выполняемых сторонними организациями или индивидуальными предпринимателями, а также собственными структурными подразделениями предприятия (транспортные услуги, контроль за соблюдением технологического процесса, средств связи, компьютерной техники и др.);
- на содержание и эксплуатацию природоохранных сооружений.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист 90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Затраты на спецоборудование и материальные затраты приведены в таблицах 13 и 14 соответственно.

Таблица 13 – Затраты на спецоборудование

№ п/п	Наименование материалов и комплектующих	Единица измерения	Количество	Цена, руб	Сумма, руб
1	Распылитель для антикоррозионного покрытия	шт.	3	17000	51000
2	Сварочный аппарат	шт.	2	14000	28000
3	Газовый резак	шт.	2	4500	9000
4	Прочее	шт.	10	5000	50000
	Итого:				138000

Таблица 14 – Затраты на материалы и комплектующие

№ п/п	Наименование материалов и комплектующих	Единица измерения	Количество	Цена, руб	Сумма, руб
1	Материалы для антикоррозионной обработки	-	-	212000	212000
2	Общестроительные материалы	-	-	7486000	7486000
3	Устройство обнаружения утечек	-	-	3200000	3200000
4	Пенетрант	шт.	40	1500	60000
5	Песок	м ³	28	280	7840
6	Цемент	мешок 50 кг	110	310	34100
	Итого:				10999940

К расходам на оплату труда относятся суммы, начисленные по тарифным ставкам, должностным окладам, сдельным расценкам или в процентах от выручки от реализации продукции (работ, услуг) в соответствии с принятыми на предприятии (организации) формами и системами оплаты труда. Премии за производственные результаты, надбавки к тарифным ставкам и окладам за профессиональное мастерство и др. Начисления стимулирующего или компенсирующего характера – надбавки за

работу в ночное время, в многосменном режиме, совмещение профессий, работу в выходные и праздничные дни и др.

Заработная плата с учетом надбавок включает в себя:

- оплата по тарифной ставке;
- доплата за классность – 25%;
- премия – 40%;
- ставка районного коэффициента – 15%.

Расчет заработной платы сведем в таблицу 15.

Таблица 15 – Расчет заработной платы

Должность	Кол-во	Разряд	Часовая тарифная ставка, руб	Норма времени на проведение мероприятия, ч	Доплата за классность, %	Заработная плата с учетом надбавок, руб
Мастер участка	1	9	240	1416	25	683924
Газорезчик	2	5	186	582	-	348571
Электросварщик	2	6	264	582	25	618433
Монтажник	5	5	156	670	25	1051733
Геодезист	1	4	183	84	25	30936
Дефектоскопист	2	-	177	122	-	69533
Маляр	3	-	138	440	-	293278
Машинист крана	1	-	195	670	-	210347
Водитель	2	-	180	1220	-	707112
Итого:	18					4013867

Сумма страховых взносов в государственные внебюджетные фонды по установленным законодательством нормам составляет 30% от общей суммы заработной платы работников (1204160 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.

Расчет амортизационных отчислений сведем в таблицу 16.

Таблица 16 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Кол- во	Балансовая стоимость, руб.		Годовая норма амортизации, %	Время полезного использова ния, смен	Сумма амортизац ии, руб.
		одного объекта	всего			
Лебедка с тяговым усилием 100 кН ЛМЭ - 10-510	2 шт.	870000	1740000	15	30	21452
Автомобиль грузопассажирс кий (4х4) типа «УАЗ 2206»	1 шт.	560000	560000	21	58	18687
Рентгеновский аппарат (дефектоскопия)	1 шт.	425000	425000	15	10	1747
Автокран «Челябинец» КамАЗ 43118	1 шт.	4150000	4150000	20	9	20466
Компрессор с комплект вакуум камер	1 шт.	80000	80000	16	29	1017
КамАЗ 4310 бортовой (перевозка оборудования)	1 шт.	2895000	2895000	21	22	36644
Итого:						100013

В состав затрат на проведение организационно-технического мероприятия входят накладные расходы, связанные с организацией, управлением и обслуживанием производства. Накладные расходы определяются косвенным способом в процентах от основных затрат (40%) [43]. Расчет накладных расходов сведем в таблицу 17.

Таблица 17 – Накладные расходы

№ п/п	Наименование затрат по направлениям затрат	Общий объем затрат, руб.	% накладных расходов	Сумма накладных расходов, руб.
1	Спецоборудование	138000	40	55200
2	Материалы и комплектующие	10999940	40	4399976
3	Оплата труда	4013867	40	1605547
4	Страховые взносы в государственные внебюджетные фонды (30%)	1204160	40	481664
5	Амортизация основных средств	100013	40	40005
	Итого накладных расходов			6582392

На основании вышеперечисленных расчетов затрат определяется общая сумма затрат на проведение организационно-технического мероприятия по форме таблицы 18.

Таблица 18 – Затраты на проведение организационно-технического мероприятия

№ п/п	Состав затрат	Сумма затрат, руб.
1	Спецоборудование	138000
2	Материалы и комплектующие	10999940
3	Оплата труда	4013867
4	Страховые взносы в государственные внебюджетные фонды	1204160
5	Амортизация основных средств	100013
6	Накладные расходы	6582392
7	Итого собственных затрат	23038372

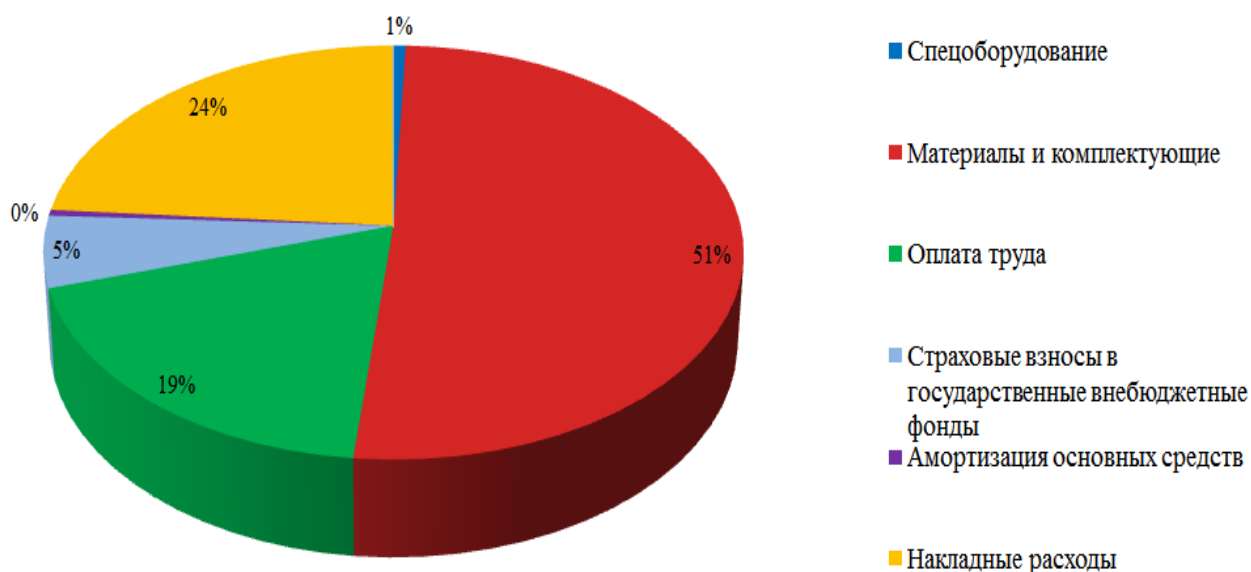


Рисунок 13 – Структура затрат

По результатам проведенных расчетов затрат, представленных на диаграмме, выяснилось, что основная доля затрат идет на материалы и комплектующие (51%), а также на накладные расходы (24%), связанные с организацией, управлением и обслуживанием производства, и оплату труда (19%).

6.3. Оценка экономической эффективности мероприятия

Экономический эффект от проведения конкретных мероприятий может быть определен в стоимостном выражении. Сравнив затраты на капитальный ремонт РВСП-20000 м³ с затратами на строительство нового РВСП-20000 м³ можно определить экономическую эффективность:

$$\mathcal{E} = (C_0 - C_1) = 45500 - 23038 = 22462 \text{ тыс. руб.} \approx 22,5 \text{ млн. руб.},$$

где C_0 – затраты на строительство нового резервуара РВСП-20000 м³, составляет порядка 45500 тыс. руб.;

C_1 – затраты на капитальный ремонт резервуара РВСП-20000 м³, составляющие 23038 тыс. руб.

В нашем случае источник эффективности – экономия средств, выраженная как разница между затратами на строительство нового резервуара и затратами на капитальный ремонт РВС, и составляет минимум 22,5 млн. руб ($\approx 50\%$).

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7. Социальная ответственность

Объектом исследования является вертикальный стальной цилиндрический резервуар с понтоном типа РВСП-20000 м³, располагающийся на действующей НПС г. Омска. Необходимо провести мероприятия по повышению эффективности эксплуатации РВСП-20000 м³. Комплекс мероприятий включает в себя очистку резервуара, его диагностику, реконструкцию (ремонт), а также борьбу с потерями нефтепродуктов. Для проведения работ необходимо оборудование для ведения очистных, монтажных и сварочных работ, использование которого может оказывать негативное воздействие как на человека, так и на окружающую среду.

В данном разделе рассмотрены вопросы, касающиеся правовых и организационных вопросов обеспечения безопасности, производственной безопасности, экологической безопасности и мерах безопасности при возникновении чрезвычайных ситуаций.

7.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

7.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства.

В соответствии с законодательством на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением, работодатель обязан бесплатно обеспечить выдачу сертифицированных СИЗ согласно действующим типовым отраслевым нормам бесплатной выдачи работникам спецодежды, обуви и других СИЗ [44]. Рабочие, занятые на работах с вредными и опасными условиями труда, должны проходить медицинский осмотр в сроки, установлен Минздравом РФ [45].

Все лица, находящиеся на рабочей смене, обязаны носить защитные

					Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Социальная ответственность			Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Шадрина А.В.								96	121
Консульт.		Черемискина М.С.						НИ ТПУ гр. 2БМ81			
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.									

каска. Работники без защитных касок и других необходимых СИЗ к выполнению работ не допускаются.

Работодатель должен обеспечить работников санитарно-бытовыми помещениями (гардеробными, сушилками для одежды и обуви, душевыми, помещениями для приема пищи, отдыха и обогрева) согласно соответствующим строительным нормам и правилам, и коллективному договору или тарифному соглашению.

В решениях по организации труда излагаются: форма организации труда (вахтовый, экспедиционно-вахтовый, бригадный и т.д.), графики работы, режимы труда и отдыха, составы бригад. При описании режима труда указываются: продолжительность вахты, продолжительность смены, количество смен, часы начала и окончания смены, внутрисменные перерывы на отдых, перерывы на прием пищи.

При реализации, в соответствии с положениями Трудового кодекса Российской Федерации [51] в отношении работников, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда, компенсационных мер, направленных на ослабление негативного воздействия на их здоровье вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса (сокращенная продолжительность рабочего времени, ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск либо денежная компенсация за них, а также повышенная оплата труда), порядок и условия осуществления таких мер не могут быть ухудшены, а размеры снижены по сравнению с порядком, условиями и размерами фактически реализуемых в отношении указанных работников компенсационных мер [46].

При ремонте резервуара запрещается применение труда женщин на тяжелых работах и на работах с вредными условиями труда. Список тяжелых работ и работ с вредными условиями труда, на которых запрещается применение труда женщин, утверждается в порядке, установленном законодательством. Привлечение женщин к работам в ночное время не допускается [47].

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

Запрещается применение труда лиц моложе 18 лет на тяжелых работах и на работах с вредными или опасными условиями труда [47].

Все работники подлежат обязательному государственному социальному страхованию. Работники, а в соответствующих случаях и члены их семей обеспечиваются за счет средств государственного социального страхования: пособиями по временной нетрудоспособности; пособиями по беременности и родам и единовременными пособиями за постановку на учет в медицинских учреждениях в ранние сроки беременности; пособиями при рождении ребенка; пособиями при усыновлении ребенка; пособиями по уходу за ребенком до достижения им возраста полутора лет.

Обеспечение по обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний осуществляется в соответствии с Федеральным законом "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний". Пенсии работникам и членам их семей назначаются в соответствии с Законом РСФСР "О государственных пенсиях в РСФСР".

7.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Подготовка к эксплуатации санитарно-бытовых помещений и устройств должна быть закончена до начала производства работ. При проведении работ санитарно-бытовые помещения следует устраивать с учетом санитарных требований, соблюдение которых обязательно при осуществлении производственных процессов. Производственные территории, участки работ и рабочие места должны быть обеспечены необходимыми средствами коллективной и индивидуальной защиты работающих, первичными средствами пожаротушения, а также средствами связи, сигнализации и другими техническими средствами обеспечения безопасных условий труда. При размещении на производственной территории санитарно-бытовых и производственных помещений, мест

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

отдыха, проходов для людей, рабочих мест, они должны располагаться за пределами опасных зон. На границах зон опасных производственных факторов должны быть установлены защитные ограждения.

Проезды и проходы на производственных территориях, а также рабочие места должны содержаться в чистоте и порядке, очищаться от мусора, не загромождаться складываемыми материалами и конструкциями.

Участки работ, рабочие места, проезды и проходы к ним в темное время суток должны быть освещены в соответствии с нормами [48].

Применяемые при производстве работ машины, оборудование по своим техническим характеристикам должны соответствовать условиям безопасного выполнения работ.

В санитарно-бытовых помещениях должна быть аптечка с медикаментами, носилки, фиксирующие шины и другие средства оказания пострадавшим первой медицинской помощи[49].

В местах проведения огневых работ и на площадках, где установлены сварочные агрегаты, трансформаторы, контрольно-измерительные приборы, должны быть обеспечены меры пожарной безопасности:

- полностью устранена возможность проникновения огнеопасных газов и паров нефтепродуктов к месту производства этих работ;
- на расстоянии 15 м от площадки, на которой выполняют огневые работы, и мест установки сварочных агрегатов территория должна быть очищена от мусора, горючих, предметов, различных нефтепродуктов;
- места, где были пролиты нефтепродукты, необходимо засыпать песком или землей слоем не менее 5 см;
- в радиусе 5 м от места проведения огневых работ не должно быть сухой травы.

При выполнении ремонтно-монтажных работ огневые работы разрешается проводить не ближе 20 м от резервуарных парков и отдельно стоящих резервуаров с нефтепродуктами.

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

При проведении газосварочных работ баллоны с кислородом необходимо устанавливать от места сварки на расстоянии не менее 10 м, от ацетиленового генератора — не менее 5 м. Расстояние от горелок до отдельных баллонов с кислородом и горючими газами должно быть не менее 5 м. На месте газосварочных работ разрешается иметь не более двух закрепленных баллонов с кислородом.

Место заправки от места выполнения огневых работ и открытых источников огня должно быть расположено не ближе 20 м. Хранение запаса горючего допускается в количестве не более сменной потребности. Горючее необходимо хранить в исправной, небьющейся, плотно закрывающейся специальной таре [50].

7.2. Производственная безопасность

Согласно ГОСТ 12.0.002-2014 [52] факторы производственной среды делят на опасные и вредные.

Рассмотрим возможные опасные и вредные факторы при выполнении работ по обслуживанию РВС в таблице 19.

Таблица 19 – Возможные опасные и вредные факторы в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Очистка	Диагнос-тика	Ремонт	
1. Превышение уровня шума	+		+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [53]
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [54]
3. Превышение уровня вибрации			+	ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования [55]
4. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [56]

Продолжение таблицы 19

5. Движущиеся машины и механизмы	+	+	+	ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [57]
----------------------------------	---	---	---	---

7.2.1. Анализ вредных производственных факторов

Превышение уровней шума

Превышение уровней шума возможно в результате производственной деятельности машин, используемых при ремонте резервуара (лебедки, краны, домкраты, тельферы, оборудование и устройства для резки и сварки металла, автопогрузчики и т.п.).

Действие шума на человека определяется влиянием на органы слуха и многие другие органы и системы организма, в том числе шум приводит к снижению внимания и увеличению ошибок при выполнении различных видов работ, замедляет реакцию человека на поступающие от технических устройств сигналы, угнетает центральную нервную систему, вызывает изменения скорости дыхания и пульса.

Рассматриваемое рабочее место является постоянным и находится на территории предприятия. В соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014[53] для рабочего места (в полевых условиях) устанавливается эквивалентный уровень звука равный 80 дБА. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

Для защиты от прямого воздействия шума при строительно-монтажных работах используют следующие основные методы коллективной защиты: звукоизолирующие экраны, перегородки; и средства индивидуальной защиты: противοшумные наушники, беруши, ватные тампоны, противοшумные шлемы и каски [58].

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность возникает при неблагоприятных погодных условиях (туман, облачность), при позднем времени суток, а также при препятствии проникновению солнечного света (внутри резервуара).

Недостаточная освещенность влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прикладываемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов.

Для резервуарных парков необходимо предусматривать общее равномерное освещение. При этом освещенность должна быть не менее 10 лк независимо от применяемых источников света, за исключением автодорог. При подъеме или перемещении грузов освещенность места работ должна быть не менее 5 лк при работе вручную и не менее 10 лк при работе с помощью машин и механизмов [54].

Для освещения следует применять прожекторы на мачтах, расположенных за обвалованием. Осветительные устройства, установленные в пределах обвалования резервуаров, должны быть во взрывозащищенном исполнении. 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 [59].

Превышение уровня вибрации

Источниками вибраций являются машины и аппараты, в которых движутся неуравновешенные массы. Они характерны для машин роторного типа (турбины, электродвигатели, ручной механизированный инструмент), для механизмов с возвратно-поступательным движением (вибромолоты). Вибрация возникает при соударении деталей в зубчатых зацеплениях,

подшипниковых узлах, соединительных муфтах. Источником вибрации, является и движущийся транспорт.

Действие вибраций на человека определяется угнетением центральной нервной системы, вызывая чувство тревоги и страха. Происходят изменения как физиологического, так и функционального состояния организма человека. Это проявляется в повышении утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений. Наиболее опасной для человека является вибрация с частотой 6-9 Гц [55].

Коллективная виброзащита включает в себя простые и составные средства виброизоляции и виброгашения: установку вибрирующего оборудования на массивный фундамент, применение демпфирующего покрытия и виброизоляторов. СИЗ считаются специальные платформы, сидения, перчатки, рукоятки и некоторые виды обуви, позволяющие минимизировать воздействие вибрации.

Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе

Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе возможно при неблагоприятных погодных условиях (слишком низкая/высокая температура воздуха, дождь, снег, сильный ветер и т.п.).

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 ведутся от минус 45°C до плюс 40°C.

Постоянное отклонение метеоусловий на рабочем месте от нормальных параметров приводит к перегреву или переохлаждению человеческого организма и связанным с ними негативным последствиям:

– при перегреве – к обильному потоотделению, учащению пульса и дыхания, резкой слабости, головокружению, появлению судорог, а в тяжелых случаях – возникновению теплового удара;

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

– при переохлаждении возникают простудные заболевания, хронические воспаления суставов, мышц и др.

Работающие на открытой территории в зимний период года должны быть обеспечены СИЗ, а именно специальной теплой одеждой, обувью, средствами защиты рук, средствами защиты головы, лица и глаз[56]. Работа должна быть организована таким образом, чтобы рабочие имели возможность периодически находиться в теплом помещении.

Работающие на открытой территории в летний период года должны иметь свободный доступ к устройствам питьевого водоснабжения.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 [60] при определенной температуре воздуха и скорости ветра работы приостанавливаются (таблица 20).

Таблица 20 – Работы на открытом воздухе приостанавливаются работодателями при следующих погодных условиях

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха °С
При безветренной погоде	–40
Не более 5,0	–35
5,1–10,0	–25
10,1–15	–15
15,1–20,0	–5
Более 20,0	0

7.2.2. Анализ опасных производственных факторов

Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования

При ремонте резервуара применяются различные виды машин и механизмов, такие как краны, грузоподъемники, лебедки и т.д. Поэтому увеличивается вероятность получения травм при движении различных механизмов. Скорость движения автотранспорта, по строительной площадке и вблизи мест производства работ не должны превышать 10 км/час на прямых участках и 5 км/час 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 рабочего персонала.

Перемещение, установка и работа машин вблизи выемок, траншей и котлованов разрешается только за пределами призмы обрушения грунта.

Также необходимо соблюдать технику безопасности при работе оборудования, машин и механизмов, а их эксплуатацию должны выполнять только лица, имеющие на это право.

К средствам защиты от воздействия механических факторов относятся устройства: оградительные, автоматического контроля и сигнализации, предохранительные, дистанционного управления, тормозные, знаки безопасности [61].

7.3. Экологическая безопасность

Воздействие на атмосферу

Загрязняющие атмосферный воздух вещества могут образовываться при проведении ниже перечисленных 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 резервуара эмалевыми красками;
- при работе двигателей транспортной, строительно-монтажной техники;
- при испарении остатков нефтепродуктов в резервуаре.

Наибольшее воздействие на атмосферу представляют различные машины, используемые при ремонте резервуара. Второстепенное воздействие оказывают сварочные работы, работы по резке металла, покрытие резервуаров от коррозии, испарения остатков нефтепродуктов. При

					Социальная ответственность	Лист
						105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

работе различных частей машин и механизмов выделяются оксиды углерода, оксиды азота, диоксиды серы, 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; осуществление отвода паров нефтепродуктов в специальные емкости [62].

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);
- 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 нефти (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.

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.

Места сбора и накопления отходов должны быть оборудованы углекислотными огнетушителями, ящиками с песком, лопатой, войлоком, кошмой или асбестом [63].

Воздействие на гидросферу

В процессе проведения капитального ремонта резервуара, появляется большое количество твердых отходов производства (см. пункт «Воздействие на литосферу»). Утилизация таких отходов должна быть осуществлена только в специально предназначенные для этого места. Не допускается сброс твердых отходов в водные источники.

Также в процессе ремонта резервуара образуются производственно-дождевые сточные воды, которые перед сбросом их в водоемы и водотоки должны быть очищены фильтрационными устройствами. Необходимая

					Социальная ответственность	Лист
						107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

степень очистки должна быть обоснована с учетом места сброса сточных вод и установленного норматива предельно допустимого сброса загрязняющего вещества.

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 [64].

7.4. 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 [65].

Анализ возможных ЧС

Чрезвычайные ситуации могут возникнуть в процессе ремонта резервуаров по различным причинам:

- экологическое загрязнение окружающей среды (разлив нефтепродукта);
- возгорание ГСМ;

					Социальная ответственность	Лист
						108
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- попадание в резервуар молнии;
- лесные пожары;
- ураганы;
- техногенные причины (аварии).

Аварии в резервуарном парке могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций. Основными причинами возникновения аварий являются: коррозионные разрушения, перепады температур, неверное техническое обслуживание, отказ приборов контроля и сигнализирования, факторы внешнего воздействия (молнии, ураганы и прочее).

Для предупреждения попадания молний в резервуар с нефтью необходимо устанавливать молниеотводы, корпус резервуара должен быть заземлён. По периметру резервуара необходимо устанавливать заземлители через каждые 50 м. Также заземляют все коммуникации, находящиеся на объекте.

Для защиты резервуарных парков от лесных пожаров необходимо выкорчёвывать деревья и кусты на 25 м от территории резервуарного парка.

Для предотвращения возгорания ГСМ, их следует хранить в изолированных помещениях для хранения топлива. Место заправки от места выполнения огневых работ и открытых источников огня должно быть расположено не ближе 20 м.

Наиболее вероятная ЧС

Наиболее характерной ЧС является экологическое загрязнение окружающей среды.

Основными причинами экологического загрязнения окружающей среды (разливов нефти) являются взрывы и пожары во время проведения ремонтных работ резервуара, а также разрушение технологического оборудования (трубопроводов, резервных емкостей и т.п.) из-за их технического состояния и метеорологических условий.

Разработка мер по предупреждению ЧС

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.;
- подготовка к привлечению при необходимости дополнительных сил и средств в соответствии с планом взаимодействия;
- создание резервов финансовых средств и материально-технических ресурсов для локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов;
- обучение работников способам защиты и действиям в чрезвычайных ситуациях, связанных с разливами нефти и нефтепродуктов;
- разработка декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов;
- организация и осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте;
- создание и поддержание в готовности системы обнаружения разливов нефти и нефтепродуктов, а также системы связи и оповещения;
- проверка работоспособности автоматических систем обнаружения и оповещения о возникновении аварии на объектах;
- контроль за выполнением правил противопожарной безопасности;
- защита персонала и населения: организация системы оповещения, запас СИЗ, планирование проведения эвакуации;
- соблюдения обслуживающим персоналом правил эксплуатации оборудования;

					Социальная ответственность	Лист
						110
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– своевременное обслуживание техники и оборудования [66].

План действий в случае ЧС

Первый заметивший разлив нефтепродуктов всеми доступными средствами (средствами связи, оповещения, голосом, знаками) оповещает дежурного диспетчера. Дежурный диспетчер оповещает руководителя комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, который, получив информацию, прекращает производственный процесс, анализирует сложившуюся обстановку, немедленно оповещает руководство, вызывает на место аварии аварийно-восстановительное звено. До прибытия аварийно-спасательного формирования руководитель комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций в ходе управления мероприятиями по ликвидации последствий аварийного разлива нефтепродуктов выполняет следующие действия:

- оценивает размеры и прогнозирует дальнейший ход развития аварии;
- организывает отключение и обесточивание электроустановок;
- организывает доставку к месту разлива нефтепродуктов и подготовку к действию штатных средств пожаротушения;
- обеспечивает соблюдение режима противопожарной безопасности;
- организывает вывод персонала из опасной зоны, непосредственно не участвующий в ликвидации аварийного разлива нефтепродукта;
- сообщает на пульт оперативного дежурного территориального органа МЧС об аварийной ситуации, при необходимости вызывает расчеты аварийно-спасательных формирований и служб МЧС;
- сообщает об аварийной ситуации и при необходимости вызывает расчеты аварийных формирований в соответствии с заключенными договорами;
- организывает оцепление зоны разлива нефтепродуктов, ограничивает допуск людей и транспортных средств, обеспечивает установку предупреждающих и запрещающих знаков;

					Социальная ответственность	Лист
						111
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- обеспечивает связь и сбор информации о ходе ликвидации разлива, ведение оперативного журнала;
- контролирует прибытие расчетов аварийно-спасательных групп;
- при возгорании приступает к тушению очага первичными средствами пожаротушения [67].

Выводы по разделу

Таким образом, вопрос социальной ответственности является очень важным и актуальным при производстве работ по обслуживанию и ремонту резервуара. Так как в нем рассматриваются такие важные аспекты, как система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, а также обеспечение защиты окружающей среды от вредных воздействий.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы:

1) Был проведен обзор литературы, связанный с вопросами повышения безопасной, надежной и эффективной эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном. Установлена актуальность вопроса исследования.

2) Приведена характеристика климатических условий места расположения (г. Омск) резервуара, а также характеристика самого РВСП-20000 м³.

3) Проведен анализ результатов технической диагностики РВСП-20000 м³. Выявлено техническое состояние резервуара. Приведены необходимые методы ремонта и порядок проведения работ.

4) Проведен патентный анализ, на основе которого определено оптимальное устройство диагностирования утечек из днища резервуара. Предложена установка данного устройства.

5) Проведены поверочные расчеты на прочность и устойчивость стенки резервуара в соответствии с методикой [4], а также расчет напряженно-деформированного состояния его стенки. По итогам расчетов принято, что дальнейшая эксплуатация резервуара возможна.

6) Приведена сметная стоимость работ по проведению капитального ремонта резервуара. Рассчитанные затраты сравнили со стоимостью возведения нового резервуара с аналогичными характеристиками. Экономическая эффективность составила 22,5 млн. рублей ($\approx 50\%$).

7) Рассмотрены вопросы, касающиеся правовых и организационных вопросов обеспечения безопасности, производственной безопасности, экологической безопасности и мерах безопасности при возникновении чрезвычайных ситуаций.

					Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата									
Разраб.		Тюкалов И.Ю.			Заключение				Лит.	Лист	Листов		
Руковод.		Шадрина А.В.									113	121	
Консульт.									НИ ТПУ гр. 2БМ81				
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.											

Список использованных источников

1. Мансурова С.М. Оценка напряженно-деформированного состояния стального цилиндрического резервуара с учетом эксплуатационных нагрузок / С.М. Мансурова, Р.Р. Тляшева, А.В. Ивакин, Г.А. Шайзаков, А.С. Байрамгулов // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. – 2014. – №1. – С. 329–344.
2. ГОСТ Р 52910-2008. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2008. 56 с.
3. РД-153-112-017-97 Инструкция по диагностике и оценке остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров.
4. РД-23.020.00-КТН-018-14 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Резервуары стальные вертикальные для хранения нефти и нефтепродуктов объемом 1000-50000 м³. Нормы проектирования.
5. РД-23.020.00-КТН-283-09 Правила ремонта и реконструкции резервуаров для хранения нефти объемом 1000–50000 куб.м.
6. ОР-23.020.00-КТН-278-09 Регламент вывода из эксплуатации, проведение диагностики, капитального ремонта (реконструкции) резервуара и ввода в эксплуатацию.
7. Gusev G. N. Evaluation of the stress-strain state in steel oil storage tanks with a complex history of defect formation in load-bearing wall structures / G. N. Gusev, A. V. Makkaveev, I. N. Shardakov // AIP Conference Proceedings. – 19 December 2018, Volume 2053.
8. Šapalas A. Behaviour of vertical cylindrical tank with local wall imperfections / A. Šapalas, G. Šaučiuvėnas, K. Rasiulis, M. Griškevičius,

					Разработка мероприятий по повышению эффективности эксплуатации резервуара вертикального стального с понтоном типа РВСП 20000 кубических метров									
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Список использованных источников					Лит.	Лист	Листов		
Разраб.		Тюкалов И.Ю.											114	121
Руковод.		Шадрина А.В.								НИ ТПУ гр. 2БМ81				
Консульт.														
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.												

T. Gečys // Journal of Civil Engineering and Management. – Volume 25, Issue 3, 2019, Pages 287–296.

9. Tarasenko A. Stress-strain state of the pipe-tank system under tank bottom settlement / A. Tarasenko, P. Chepur, A. Gruchenkova // Journal of Physics: Conference Series. – Volume 1145, Issue 1, 9 January 2019, Article number 012005.

10. Алиев М.М. Диагностика технического состояния вертикального стального резервуара РВС-3000 и заключение по его результатам / М.М. Алиев, А.Г. Асмалов, Р.Р. Давудов, М.М. Муртазалиев, Х.Ш. Шамилов // Вестник молодого ученого УГНТУ. –2015. – № 4(4). – с. 73–75.

11. Федосов А.М. Диагностирование вертикальных стальных резервуаров как элемент повышения безопасности эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли / А.М. Федосов, Н.Х. Абдрахманов, Н.В. Вадулина, Д.Ф. Хафизова, К.Н. Абдрахманова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – № 12 (330). – с. 75–81.

12. Гималетдинов Г.М. Капитальный ремонт вертикальных стальных и железобетонных резервуаров для хранения нефти: Учебное пособие. – Уфа: Монография, 2010. 368 с.

13. Гималетдинов Г.М. Очистка и диагностика резервуаров для нефти и нефтепродуктов: Учебное пособие. – Уфа: Монография, 2011. 296 с.

14. Тугунов П.И., Новоселов В.Ф., Коршак А.А., Шаммазов А.М. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов: Учебное пособие для ВУЗов. – Уфа: ООО «ДизайноПолиграфСервис», 2002. 658 с.

15. Александров В.Н. Работоспособность стальных резервуаров большой вместимости в системе трубопроводного транспорта нефти: дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2001. 157 с.

16. Плешаков А.В. Анализ существующих средств сокращения потерь от испарений в резервуарах / А.В. Плешаков // Научный электронный журнал Меридиан. –2019. – № 10 (28). – с. 150–152.

					Список использованных источников	Лист
						115
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

17. Плешаков А.В. О способах снижения потерь нефтепродуктов от испарения в резервуарах и их эффективности / А.В. Плешаков // Modern Science. –2019. – № 11-4. – с. 256–261.

18. Рябинин В.П. Некоторые проблемы эксплуатационной надежности вертикальных стальных цилиндрических резервуаров с понтонами с учетом налипаемости хранимого продукта / В.П. Рябинин, И.Э. Лукьянова // Нефтегазовое дело. –2006. – № 17. – с. 84–97.

19. Буренин В.А. Прогнозирование индивидуального остаточного ресурса стальных вертикальных резервуаров: дис. ... д-ра. техн. наук. Уфа, 2001. 294 с.

20. Лапшин А.А., Колесов А.И., Агеева М.А. Конструирование и расчет вертикальных цилиндрических резервуаров низкого давления: Учебное пособие. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2009. 121с.

21. Ведрученко В.Р. О проектировании оптимальных цилиндрических резервуаров для нефтепродуктов промышленных котельных и других потребителей жидкого топлива / В.Р. Ведрученко, Н.В. Жданов, Е.С. Лазарев // Омский научный вестник. – 2013. – № 3(123). – с. 170–174.

22. Васильев А.В. Опыт проектирования, сооружения и эксплуатации резервуаров / А.В. Васильев // Химическая техника. – 2011. – № 11. – с. 32–64.

23. Исследование напряженного состояния резервуаров: Сб. науч. тр. / Под ред. В.Л. Березина. Уфа: Изд-во УНИ. 1960. с. 149–153.

24. Березин В.Л., Мацкин А.А., Гумеров А.Г. и др. Вопросы эксплуатационной надежности резервуаров на нефтеперерабатывающих заводах. М.: ЦНИИТЭнефтехим. 1971. 67 с.

25. Березин В.Л., Шутов В.Е. Прочность и устойчивость резервуаров и трубопроводов. М.: Недра. 1973. 200 с.

26. Гумеров А.Г. Исследование напряженного состояния нефтегазозаводских резервуаров при их эксплуатации: дис. ... канд. техн. наук. М., 1968. 123 с.

					Список использованных источников	Лист
						116
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

27. К оценке несущей способности резервуарных конструкций // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья: Науч.-техн. инф. сб. / Под ред. А.Г. Гумерова, Э.М. Ясина. М.: ЦНИИТЭнефтехим. 1970. с. 3–5.

28. Сафарян М.К., Иванцов О.М. Проектирование и сооружение стальных резервуаров для нефтепродуктов. М.: Гостоптехиздат. 1961. 328 с.

29. Сафарян М.К. Металлические резервуары и газгольдеры. М.: Недра. 1987. 200 с.

30. РД-23.020.00-КТН-053-17 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Металлоконструкции резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов номинальным объемом от 500 до 50000 м³. Общие технические требования.

31. Коршак А.А. Диагностика объектов нефтеперекачивающих станций: Учебное пособие / А. А. Коршак, Л. Р. Байкова. – Уфа: ДизайнПолиграф-Сервис, 2008. – 176 с.

32. РД-23.020.00-КТН-141-16 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Правила технического диагностирования резервуаров.

33. РД-25.160.00-КТН-037-14 Сварка при строительстве и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов.

34. ГОСТ 5264-80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные основные типы, конструктивные элементы и размеры.

35. РД-23.020.00-КТН-280-19 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Антикоррозионная защита резервуаров. Требования к нанесению.

36. Патент РФ № 2708540 С1, МПК В 65 D 90/50. Устройство диагностирования утечек из днища наземного вертикального резервуара с использованием пластин из разных металлов / Богданов А.Ю., Матвеев Ю.А.;

					Список использованных источников	Лист
						117
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

патентообладатель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»; заявл. 10.11.17; опубл. 09.12.19.

37. Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

38. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции.

39. РД-25.160.10-КТН-015-15 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Сварка при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров. Технологии сварочно-монтажных работ.

40. РД-08-95-95 Положение о системе технического диагностирования сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов.

41. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия.

42. Методические указания для выполнения раздела выпускной квалификационной работы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»: методические указания / Г.Ю. Боярко, О.В. Пожарницкая, В.Б. Романюк, А.А. Вазим, И.В. Шарф, М.Р. Цибулькинова и др.; Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2017. –166 с.

43. МДС 81-33.2004. Методические указания по определению величины накладных расходов в строительстве (утв. Постановлением Госстроя РФ от 12.01.2004 N 6) (ред. от 23.07.2004, с изм. от 17.03.2011)

44. ГОСТ Р 12.4.296-2013 ССБТ Одежда специальная для защиты от вредных биологических факторов (насекомых и паукообразных). Общие технические требования. Методы испытаний.

45. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 1 июня 2009 г. N 290н (ред. от 27.01.2010) "Об утверждении Межотраслевых правил обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты".

					Список использованных источников	Лист
						118
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

46. Постановление Минтруда РФ от 24 октября 2002 г. N 73 (ред. от 14.11.2016) "Об утверждении форм документов, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве, и Положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях".

47. Федеральный закон "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 N 421-ФЗ.

48. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2).

49. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 12 апреля 2011 г. N 302н (ред. от 13.12.2019) "Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда".

50. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности».

51. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).

52. ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.

53. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности

54. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.

					Список использованных источников	Лист
						119
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

55. ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

56. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

57. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

58. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.

59. ГОСТ 12.1.046-2014 ССБТ. Строительство. Нормы освещения строительных площадок.

60. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1).

61. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

62. СанПиН 2.1.6.1032-01 Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест.

63. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

64. ГОСТ 17.1.3.13-86 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.

65. ГОСТ Р 22.0.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения.

66. РД 153-39.4-078-01 Правила технической эксплуатации резервуаров магистральных нефтепроводов и нефтебаз.

67. РД 153-39.4-114-01 Правила ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепроводах.

68. Костровский Д.Д. Эксплуатация военных складов ракетного топлива и горючего. М.: Воениздат, 1992. - 416 с.

69. Патент РФ № 114674 U1, МПК В 65 D 90/50. Наземный вертикальный резервуар с двойным дном, оборудованный установкой

					Список использованных источников	Лист
						120
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

улавливания паров нефтепродуктов и устройством для диагностирования днища / Матвеев Ю.А., Новиков С.Г., Золотовский И.О.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»; заявл. 18.11.11; опубл. 10.04.12.

70. Патент РФ № 131014 U1, МПК Е 02 D 27/38. Наземный вертикальный резервуар для нефти, оборудованный стационарным устройством диагностирования днища / Матвеев Ю.А., Новиков С.Г., Бутузов А.А., Марцева Т.Ю., Беринцев А.В.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»; заявл. 11.03.13; опубл. 10.08.13.

71. Патент РФ № 149649 U1, МПК В 65 D 90/50. Устройство диагностирования утечек из днища наземного вертикального резервуара с использованием пластин из разных металлов / Матвеев Ю.А., Марцева Т.Ю., Тарасов О.В., Маслеников А.Н.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»; заявл. 29.05.14; опубл. 10.01.15.

					Список использованных источников	Лист
						121
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение А

(справочное)

Literature review: increasing operational efficiency of a VSTP (vertical steel tank with a pontoon)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ81	Тюкалов И.Ю.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Шадрина А.В.	д. т. н., доцент		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОИЯ	Поздеева Г.П.	к.ф.н., доцент		

Abstract

The graduation thesis consists of 100 pages, 13 figures, 18 tables and 1 appendix.

Keywords: a vertical steel tank, overhaul, diagnostics, operational efficiency, reliability, strength calculation, stability calculation, a petroleum product.

The object of study is a vertical steel tank with a pontoon of 20,000 cubic meters.

The purpose of study is increasing the operational efficiency of a vertical steel tank with a pontoon (VSTP) of 20,000 cubic meters.

In the study, measures related to diagnostics, cleaning, reducing product loss in the tank, as well as the provision of regulatory-approved technical solutions at the facility, which will improve the operational efficiency of a VSTP of 20,000 cubic meters, were investigated.

In the course of study, the verification calculation of the tank wall for strength and stability was carried out, as well as the calculation of the stress-strain state of the tank wall under operational loads was carried out.

As a result of the study, the literature review on this topic was carried out, modern methods, rules and procedures for overhaul were investigated, a new device to diagnose leaks from the tank bottom using different metals plates was investigated.

Introduction

Vertical steel cylindrical tanks are the most common type of tanks for storing, receiving, dispensing and accounting of petroleum products. The total volume of the Russian Fuel & Energy Complex tank farm exceeds 50 million m³ today.

Almost each tank farm is a high-risk facility for the personnel of enterprises and the environment. Accidents in tank farms are disastrous and lead to human casualties and environmental pollution. Therefore, tanks are considered to be extremely essential structures. To ensure their high design and construction reliability and accident-free operation conditions is an urgent task.

Petroleum Industry trends in Russia will necessitate the construction of new tanks and tank farms. This will require improved solutions for the efficient operation of tanks, and constant monitoring of their condition.

Structural reliability and durability of main oil pipelines are of great importance for transportation and storage of oil and petroleum products. Since the effective operation, safety of the enterprise and the emergency response operability depend on the reliability of the tank. For this reason, errors and defects are not acceptable in oil tank construction and major repairs.

The study is aimed at increasing the operational efficiency of a vertical steel tank with a pontoon of 20,000 cubic meters.

To achieve this aim, the following tasks are completed:

1. To conduct an analytical literature review related to improving the safe, reliable and efficient operation of a vertical steel tank.
2. To determine and characterize a VSTP of 20,000 m³, located at the head of the Oil pumping station in Omsk.
3. To analyze the results of technical diagnostics of a VSTP of 20,000 m³ and justify the choice of repair methods, as well as determine the rules and procedure for the work.
4. To carry out a patent analysis and identify the adequate device for diagnosing leaks on the bottom of a VSTP of 20,000 m³.

5. To carry out a verification calculation for the strength and stability of the tank wall according to the methodology presented in the normative and technical documentation, to evaluate the stress-strain state of the tank wall and compare the results of numerical modeling and analytical calculation.

6. To calculate the estimated cost of the overhaul of a VSTP of 20,000 m³.

7. To consider issues related to social responsibility.

Literature review

The vertical steel tank is the main facility for receiving, storing, recording and releasing petroleum products. Due to their size, fire and explosion risks, steel tanks are considered particularly dangerous facilities [1].

In the course of this study, a set of measures was considered to increase the VST operation efficiency which involves tank cleaning, its diagnostics, overhaul, and also loss control of petroleum products.

In operation tanks are subjected to a complex of stresses: static loads, low cycle fatigue, snow and wind loads, temperature and aggressive operational conditions. Besides, some geometrical imperfections occur. All this leads to substantial reduction of load bearing capacity, in-service reliability decrease and reduction of the tank structural durability. Also, current regulations [2-6] don't specify a service limit for the tanks. The tank can be dismantled only on the basis of the results of diagnostic examination – both instrumental and calculating (for example, numerical modeling methods). Numerical modeling methods (for example, determination of strain-stress state of the tank and its structures), unlike the standard methods of strength and stability calculation, make it possible to create an adequate finite element model while developing a geometric model.

It is worth noting that reliability of the oil pipeline system is directly related to reliability of the tanks, and can't do without monitoring the condition, analysis and elimination of various defects. If safety standards and inspection regulations are ignored, disastrous consequences can occur resulting in significant damage to the environment, personnel and adjacent structures [1].

The first national studies on the problems of efficient and reliable operation of tanks appeared in the 60-70 years of the twentieth century. These are the works of V.L. Berezin, V.E. Shutov, A.G. Gumerova, A.M. Yasin, M.K. Safaryan [23-29]. The authors consider that the reliability of the tank depend on its stress-strain state. Determining the quantitative assessment of reliability and efficiency was not carried out in these works. However, the need for such research was stated.

Being metal structures in a complex stress-strain state, tanks are subjected to hydrostatic pressure, temperature stresses, wind and snow loads and precipitation. Due to these facts, various defects may occur during their operation. Since defects reduce the operational reliability and efficiency of tanks, it is necessary to conduct regularly their technical diagnostics aimed at timely detection of defects.

Methods of diagnostics the technical condition of a VTS are described in the scientific works [10-11]. The authors consider methods of non-destructive testing that allow determining the possibility of further operation of the tank without stopping scheduled work, planning repair works and the remaining safe service life.

The works of G. M. Himaletdinov [12-13] are also devoted to diagnostics and overhaul of vertical steel tanks.

A lot of scientific papers are devoted to the issues of safety, efficiency and reliability of tanks. For example, the study [7] addresses the problem of evaluating the stress-strain state of a VST with rather complicated and non-trivial defects. The complexity is in that the considered structure has essential defects with a 100 m^2 total area caused by deflection in tank zones due to its improper installation. The problem can be solved through the mathematical simulation of the stress-strain state of the examined structure and during the experimental investigation of the structural elements behavior.

In the paper [8] the authors considered the behavior of a VST of 5000 m^2 with local wall defects. In the course of the study, authors investigated numerical model of the object and the areas of occurrence of limiting states, also authors held calculating the residual load bearing capacity of the tank. The calculations carried out take into account all the defects of the wall geometry. Based on the research, in-depth study of potential strengthening schemes for defective areas was conducted. The results showed that stress concentration was the main tank failure cause.

The paper [9] presents an author-developed numerical model of a tank with a pipe header unit. The numerical model meets the requirements of the real

geometric shape and size of the object and also presents the non-linear properties of the steel a tank and pipelines made of. This article considers the problem of the pipeline connection with the tank wall in terms of the fixed "tightened" joint. The peculiarities of the contact interaction of trunk pipelines with sliding supports are considered. Thus, according to the calculations, new dependences of the maximum effective equivalent stresses in the metal within the trunk pipelines connection with the wall were obtained. The dependences obtained allow us to determine the areas of occurrence of limiting states, in accordance with which an operational decision is made about the need for repair or the tank operation continuation.

The analysis of the stress-strain state of different elements of the tank structure is performed in these papers. [7-9]. Analyzing the work, we can conclude that the study of the stress-strain state of the tank helps to assess its current state, as well as identify the areas exposed to destruction. These factors allow making decisions about further operation of the tank, its repair or dismantling.

The design stage plays an important role in the efficiency of tank operation. The paper [21-22] considers the design features of tanks and containers for storing liquid petroleum products. The authors consider the most effective design solutions in various operating conditions that will help reduce operating costs, guarantee long and reliable operation throughout the entire service life from the point of view of environmental and fire safety.

At this stage, in order to obtain a design that will fully meet all the requirements of regulatory and technical documentation, specialists carry out calculations of various parameters of the tank (for example, calculating the geometric characteristics of the tank, calculating the strength and stability of the tank wall, calculating the loss of oil from large and small breath).

In order for the tanks to maintain their geometry, be airtight and not subject to deformation under loads, it is necessary to perform correctly the calculations of metal structures. The authors present the main issues of calculation and design of vertical steel cylindrical tanks in their works [20].

The study [14] provides the brief information about the properties of petroleum products, reference data on tanks. The procedure for calculating the oil pipeline tank farms capacity, as well as tank farms, is considered. The procedure for calculating the natural loss of oil and oil products, as well as methods for determining their actual losses during transportation and storage are given.

V. N. Alexandrov's work [15] is devoted to improving the oil tanks operability due to the integrated approach based on the survey and design development and operation technology results, and evaluation of the overhaul efficiency.

In the thesis, the analysis of the tanks technical condition was carried out and the main factors ensuring operability were determined; the performance indicators of tanks were studied in applying new structural solutions during construction and repair; the analysis of existing methods and technologies for the prevention and removal of oil deposits in using mechanical mixing devices; methods to evaluate the efficiency of the tanks overhaul have been developed. As a result of the study, the method to classify and rank defects on the basis of tank elements limit states has been developed; the main factors and parameters of tank operation at the design, construction and operation stages are formulated; the parameter estimation method to prevent of oil deposits formation via mixing devices has been developed.

In the scientific work of V. A. Burenin [19], the concept of the system to forecast the individual residual resource of VSTs was developed which allows accumulating, generalizing and analyzing the tank operation experience and, based on this, improving the forecasting system.

For economic and environmental reasons, one of the most important tasks in transportation and storage of petroleum products is control of products loss. As a rule, losses usually occur due to evaporation, less often-due to oil spills.

The works [16-17] are devoted to the analysis and generalization of the accumulated experience in reducing losses of oil and petroleum products. They consider ways to prevent and reduce losses in transport, storage and operation, to

minimize losses from evaporation of light oil fractions. The problem is solved by permanently sealing tanks and other elements of the oil transport system. This can be achieved if the leaky structures and connecting joints of the tanks are timely eliminated, all pipe joints should be supplied with gaskets, and the quality of the equipment used, in particular pressure vent valves, is monitored.

Various types of floating coatings are used to reduce evaporation losses from VSTs for storing oil and petroleum products. In this paper [18], the authors have developed the pontoons classification with basic design features, taking into account the characteristics of buoyancy, stability, and unsinkability, for tanks with a fixed roof. Based on this, the most relevant issues for improving the operational reliability of tanks with pontoons have been identified. Experimental studies on the sticking of oil and petroleum products on metal and polyurethane foam surfaces are described. The adhesion coefficient dependence on metal and polyurethane foam coatings on the kinematic viscosity of oil and petroleum products is obtained.

Cases studies of oil tank construction demonstrate that when designing, constructing, and repairing tanks under the influence of operational loads, it is necessary to solve important problems aimed at ensuring their safe and efficient operation. Therefore, increasing the long-term strength, efficiency and reliability of newly constructed tank structures, as well as prolonging the service life of the existing tank farm, is a very actual problem.