

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 21.03.01 «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»
Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ остаточного ресурса стального вертикального резервуара типа РВС-10 000м³

УДК 622.692.23-025.71-034.14:338.32-024.42

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е5А	Шермунинов Азизжон Авазович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зиякаев Григорий Ракитович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трубченко Татьяна Сергеевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Брусник Олег Владимирович	к.п.н.		

Запланированные результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	Приобретение <i>профессиональной эрудиции и широкого кругозора</i> в области гуманитарных и естественных наук и использование их в профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-7) (ЕАС-4.2a) (АВЕТ-3А)
P2	Уметь анализировать <i>экологические последствия</i> профессиональной деятельности в совокупности с правовыми, социальными и культурными аспектами и обеспечивать соблюдение <i>безопасных условий труда</i>	Требования ФГОС ВО (ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-9) ПК-4, ПК-5, ПК-13, ПК-15.
P3	Уметь <i>самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-8, ОК-9) (АВЕТ-3i), ПК1, ПК-23, ОПК-6, ПК-23
P4	Грамотно решать <i>профессиональные инженерные задачи</i> с использованием современных образовательных и информационных технологий	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6) (ЕАС-4.2d), (АВЕТ3e)
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P5	Управлять <i>технологическими процессами</i> , эксплуатировать и обслуживать <i>оборудование нефтегазовых объектов</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-15)
P6	внедрять в практическую деятельность <i>инновационные подходы</i> для достижения конкретных результатов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-5, ПК-6, ПК-10, ПК-12)
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P7	Эффективно работать <i>индивидуально и в коллективе</i> по <i>междисциплинарной тематике</i> , организовывать работу первичных производственных подразделений, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО (ОК-5, ОК-6, ПК-16, ПК-18) (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d)
P8	Осуществлять <i>маркетинговые исследования</i> и участвовать в создании проектов, повышающих <i>эффективность использования ресурсов</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-5, ПК-14, ПК17, ПК-19, ПК-22)
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P9	Определять, систематизировать и получать необходимые данные для <i>экспериментально-исследовательской деятельности</i> в нефтегазовой отрасли	Требования ФГОС ВО (ПК-21, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26)
P10	Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные	Требования ФГОС ВО (ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26,)

	исследования с интерпретацией полученных результатов с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий	(АВЕТ-3b)
<i>в области проектной деятельности</i>		
Р11	Способность применять знания, современные методы и программные средства проектирования для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	Требования ФГОС ВО (ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30) (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
Уровень образования: Бакалавриат
Профиль подготовки: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»
Период выполнения: Весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
	Социальная ответственность	

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
«Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»	Брусник О.В.	К.П.Н.		

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
Профиль подготовки: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
Брусник О.В.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Е5А	Шермуминову Азизжону Авазовичу

Тема работы:

Анализ остаточного ресурса стального вертикального резервуара типа РВС-10 000м ³	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования: Резервуар вертикальный стальной типа РВС-10000 м³ с утоненными вследствие коррозионного износа стенками. Расположен во II снеговом и II ветровом районе по СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»</p>
---	---

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 89 с., 5 рис., 32 табл., 34 источника.

Объект исследования: Резервуар вертикальный стальной объемом 10 000м³.

Ключевые слова: резервуар, анализ, причины, дефекты, технологическое оборудование, металлоконструкции, устранение.

Цель работы – проанализировать причины возникновения дефектов и проведение анализа остаточного ресурса резервуара типа РВС 10 000м³.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы были проведены следующие расчеты: 1) определение геометрических параметров резервуара 2) определение толщины всех поясов стенках резервуара 3) расчет стенки на устойчивость 4) анализ остаточного ресурса резервуара.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: выявление дефектных мест, эксплуатационные работы, проведение анализа остаточного ресурса резервуара.

Традиционный подход к оценке остаточного ресурса заключается в обработке данных замеров толщины стенки резервуара и выявлении средней и максимальной величин коррозионного разрушения. Далее для получения величины ресурса используется простая модель, основанная на гипотезе линейного (по времени) характера коррозионного разрушения.

Остаточный ресурс резервуара определяется на основании анализа условий эксплуатации, результатов технического диагностирования и критериев предельного состояния.

Содержание

Реферат	6
Сокращения.....	9
Введение.....	10
1. Общие представления о резервуарах	11
1.1 Монтаж и установка резервуаров типа РВС	11
1.2 Классификация дефектов	15
2. Анализ возникновения дефектов.....	22
2.1 Анализ причин возникновения осадок основания	24
2.2 Анализ причин появления дефектов сварных соединений	25
2.3 Анализ причин возникновения трещин.....	27
3. Анализ остаточного ресурса РВС 10 000м ³	28
3.1 Описание анализируемого РВС-10 000	29
3.2 Проверочный расчет прочности стенки резервуара.....	31
3.3 Проверочный расчет стенки РВС-10 000 на устойчивость	35
3.4 Оценка остаточного ресурса стенки резервуара.....	44
4. Социальная ответственность	49
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	49
4.2 Производственная безопасность	50
4.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия и устранению влияния на рабочих.	55
4.4 Экологическая безопасность.....	59
4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	61
4.5.1 Пожарная и взрывная безопасность.....	61

4.5.2 Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях.	62
Выводы к разделу:.....	63
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	65
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	66
5.2 Анализ конкурентных технических решений	66
5.3 SWOT-анализ.....	68
5.4 Планирование научно-исследовательской работы.....	71
5.5 Бюджет научно–технического исследования.....	74
5.5.1 Расчет материальных затрат	75
5.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы	76
5.5.3 Расчёт амортизационных отчислений	78
5.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	78
5.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	79
5.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..	81
Заключение	86
Список использованных источников	87

Сокращения

РВС – резервуар вертикальный стальной

РВСП – резервуар вертикальный стальной с понтоном

РВСПК – резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей

ТСП – транспортно-сырьевое производство

АНХК – Ангарская нефтехимическая компания

АО – акционерное общество

ОАО – открытое акционерное общество

НК – нефтяная компания

РНУ – районное нефтепроводное управление

СИЗ – средства индивидуальной защиты

НУ – нефтепроводное управление

ТБ – техника безопасности

ТБ – техника безопасности

ЧС – чрезвычайная ситуация

ПБ – пожарная безопасность

НПС – нефтеперекачивающая станция

ПТЭ – правила технической эксплуатации

ТОР – техническое обслуживание и ремонт

Введение

Резервуар вертикальный стальной (РВС) является ключевым сооружением хранения и транспортировки нефти. Резервуары в процессе эксплуатации подвергаются воздействию многих негативных факторов, ведущих к снижению прочностной надежности конструкции. В случае несоблюдении требований норм безопасности и регламентов проверки могут повлечь последствия, связанные со значительным ущербом инфраструктуре и угрозе жизни обслуживания персонала.

Объект исследования: Резервуар вертикальный стальной объемом 10 000м³.

Предметом данной работы является анализ различных дефектов, и их влияния на прочность и остаточный ресурс РВС. Наиболее существенными являются дефекты сварных швов, геометрии резервуара, основного металла и приварных элементов на различных элементах конструкций резервуара (кровля, стенки, днище и др).

Целью работы является анализ остаточной прочности и ресурса РВС 10 000 с учетом имеющихся дефектов, определенных толщиномерией.

1. Общие представления о резервуарах

1.1 Монтаж и установка резервуаров типа РВС

Подготовка к монтажу начинается с котлована. Вначале формируется свайное поле. Верхняя часть фундамента выполняется в виде сплошного железобетонного покрытия. Сверху на фундамент накладывается и уплотняется гидрофобный слой. Доставка резервуара осуществляется автотранспортом. Сварка элементов днища и стенки производится в заводских условиях, далее они в виде рулонных заготовок доставляются на площадку строительства, где производится разворачивание рулонов их соединения и монтаж кровли. Днище резервуара полностью сваривают на заводе и сворачивают в рулон, который перекачивают на основание. Проводят разметку фундамента по которой укладывают крайки и сваривают между собой. На втором этапе рулон располагают на днище и производят разворачивание трактором или лебедкой. Перед монтажом стенки к днищу резервуара по периметру приваривают ограничительные уголки и устанавливают рулон в вертикальное положение краном. Развертывание рулона производят трактором с помощью каната [1]. По мере развертывания, полотнища приваривают к днищу резервуара. Крыша типа коническая оболочка поставляется заводом в виде полотна, намотанного на рулон. Аналогично днищу и стенке. Полотно представляет собой круг с вырезанным сектором и при поднятии краном за центр принимает форму конуса, стык проваривается и крыша устанавливается на опорный уголок. Сферические оболочки изготавливают в заводских условиях из лепестков двойной кривизны. Каркасные крыши рекомендуются для РВС диаметром от 10 до 25 м, а сферические диаметром 25 и более метров. В центре резервуара на днище устанавливается вертикальная стойка с центральным кольцом и монтажным патрубком для установки оборудования. Между стенкой

резервуара и центральным кольцом монтируются несущие элементы. Для сферических крыш радиальные балки выполняют вальцованными. На них укладываются полотнища настила, который соединяются сваркой между собой и стенкой. В щитовом исполнении крыша резервуара состоит из отдельных щитов. Каждый щит представляет собой каркас покрытый листовой сталью. Щиты монтируются последовательно. Перед установкой замыкающего щита из резервуара извлекают леса и шахтную лестницу. Внутри каркаса смонтированы лестничные пролеты, перила и площадки. Другой тип лестниц – винтовые. Не требуют устройства отдельного фундамента и доставляются в виде отдельных маршей и площадок. Монтируются непосредственно на стенку резервуара. Далее приступают к установке ограждений и кольцевой площадки для обслуживания оборудования. Для обслуживания системы пожаротушения в верхней части резервуара на стенке монтируются площадки и ограждения с выходом на кольцевую площадку на крыше [14]. Резервуары и группы резервуаров, должны быть оборудованы молниеотводами. В крыше и стенке резервуара вырезаются отверстия, накладываются усилительные пластины и ввариваются монтажные патрубки для установки оборудования и других. После сборки резервуара проводятся гидро испытания, резервуар наполняется водой до проектной отметки и через 24 часа проверяется на наличие признаков нарушения герметичности. По завершению испытания производится слив воды и очистка резервуара. Внутреннюю и наружную поверхность резервуара подвергают пескоструйной обработке, обеспыливают, обезжиривают, грунтуют и наносят защитное покрытие в соответствии с видом продукта. Понтон собирается из каркаса, цилиндрических поплавков, настила и уплотнительного кольца. После установки понтона необходимо провести повторный цикл гидроиспытаний. Для выхода на настил понтона в третьем поясе резервуара врезается люк и устанавливается площадка с лестницей для доступа. Резервуары для хранения воды нуждаются в дополнительной теплоизоляции и обогреве.

Трубчатые подогреватели представляют собой систему сварных труб уложенных на днище резервуара или закрепленных в первом поясе. На стенку и крышу резервуара с помощью кронштейнов крепят базальтовые минеральные плиты в шахматном порядке и обшивают профилированным листом. Внешняя система орошения РВС предназначена для охлаждения как горящего резервуара, так и соседних резервуаров находящихся с ним в группе [1]. На завершающем этапе с помощью болтовых соединений производят установку оборудования на монтажные патрубки. Резервуар готов к вводу в эксплуатацию.

Резервуарные парки для хранения нефти и нефтепродуктов представляют собой сложные инженерно-технические сооружения и состоят из резервуаров, как правило, объединенных в группы, систем трубопроводов и других сооружений.

Отличительными особенностями конструкции резервуаров для хранения вязких нефтепродуктов является наличие подогревателя, смонтированного внутри резервуара и наличие термоизоляции. В резервуарах для хранения вязких нефтепродуктов в качестве теплоносителя для подогрева чаще всего используется пар, пропускаемый по системе трубопроводов, смонтированных внутри резервуара в нижней его части. Резервуары с паровым обогревом имеют преимущества: мягкая термообработка битума, пожарная безопасность [5]. В связи с тем, что в резервуарах с подогревом хранятся продукты типа битума, мазута с высокой температурой воспламенения, пожарная опасность таких резервуаров ниже по сравнению с другими видами.

Резервуары с двойной стенкой применяются для защиты от разлива нефти и нефтепродуктов при разрушении обычного одностенного корпуса резервуара. Двустенные резервуары имеют дополнительную защитную стенку вокруг основной. Таким образом, достигается увеличение пожарной безопасности резервуара, так же отпадает необходимость в обваловании. Такие резервуары устанавливаются в условиях стесненных

производственных площадок при отсутствии обвалований, а также при расположении на побережье. В соответствии с требованиями пожарной безопасности, все резервуары снабжены следующим набором объектов: пеногенераторами, дыхательными клапанами, молниеотводами, система охлаждения, вентиляционные патрубки, замерные люки, люк-лазы [5]. Вокруг резервуаров выстроены обвалования. У резервуаров с плавающей крышей предусмотрена система стока ливневых вод с крыши.

Стальной вертикальный цилиндрический резервуар состоит из следующих основных элементов:

- Корпус
- Крыша [13].
- Днище

Вокруг резервуара имеется бетонная обмотка, имеющая уклон от резервуара.

1.2 Классификация дефектов

Дефект – это различные виды несоответствий требованиям нормативной документации. На эксплуатационную надежность резервуара влияют дефекты сварных швов, геометрии резервуара, основного металла и дефекты приварных элементов [2].

Виды дефектов:

Металлургические – это дефект проката, вызванный неправильным режимом охлаждения, качеством инструмента (закаты, флокены, микротрещины, расслоения, нарушение геометрии).

Заводские – это дефекты сварки и закручивания в рулон элементов днища и стенки, перед дальнейшей транспортировкой.

Транспортные – это дефекты, появившиеся при транспортировке до места назначения.

Монтажные – это дефекты, появившиеся в процессе монтажа (смещение конструкции, повреждение при монтаже и неправильное соединение элементов).

Эксплуатационные – это дефекты, появившиеся в процессе эксплуатации резервуара (изменение физико-механических свойств материала, механические и коррозионные повреждения, изменение геометрии).

Резервуар вертикальный стальной на протяжении всего срока эксплуатации находится под воздействием многих факторов вызывающие дефекты. Это и малоцикловая нагруженность, связанная с заполнением и опорожнением резервуара; изменение условий эксплуатации связанных с внешними и внутренними нагрузками; коррозия незащищенных частей металлоконструкции под воздействием агрессивных примесей, а так же из-за ошибок проектирования и монтажа. В основном, из-за не устранения повреждений монтажа приводят к разрушениям либо сразу после ввода в эксплуатацию, либо через 15-20лет в связи с физическим износом [3].

Зоны дефектов, где наиболее активно проходят процессы накопления усталостных повреждений, являются концентраторы напряжений, поэтому, технический осмотр и своевременное устранение повреждений является неотъемлемой частью бесперебойной работы резервуара [10].

Порядок проведения осмотров и их периодичность описывается в [14]:

– РД 08-95-95 «Положение о системе технического диагностирования сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов»;

– РД 153-112-017-97 «Инструкция по диагностике и оценке остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров».

Коррозия металла – окислительно-восстановительный процесс разрушения металла, в результате электрохимического или химического взаимодействия с окружающей средой.

Коррозионные разрушения металла считаются одной из существенных причин снижения долговечности конструкций металла. Металлы, употребляемые в резервуаростроении способны вступать во взаимодействие с окружающей средой (нефть, бензин, вода, газы), которые содержат коррозионно-агрессивные примеси, в результате их взаимодействия происходят коррозионные разрушения металла, начинающиеся с поверхности и продвигающимися вглубь металла. Изменяется цвет и вид металла, образуются язвы преимущественно красно-рыжего цвета [16].

Формы коррозионных разрушений:

Общая – охватывает всю или практически всю поверхность, находящуюся во взаимодействии с агрессивной средой.

– Сплошная равномерная коррозия по всей поверхности протекает примерно с одинаковой скоростью.

– Сплошная неравномерная коррозия на различных участках поверхности протекает с неодинаковой скоростью.

Местная – охватывает некоторые части поверхности участка.

Структурно-избирательную – один из элементов сплава разрушается, а другие остаются практически в неизменном виде.

– Пятнами – диаметр пятна меньше глубины коррозии.

– Язвами – диаметр пятна соответствует глубине коррозии.

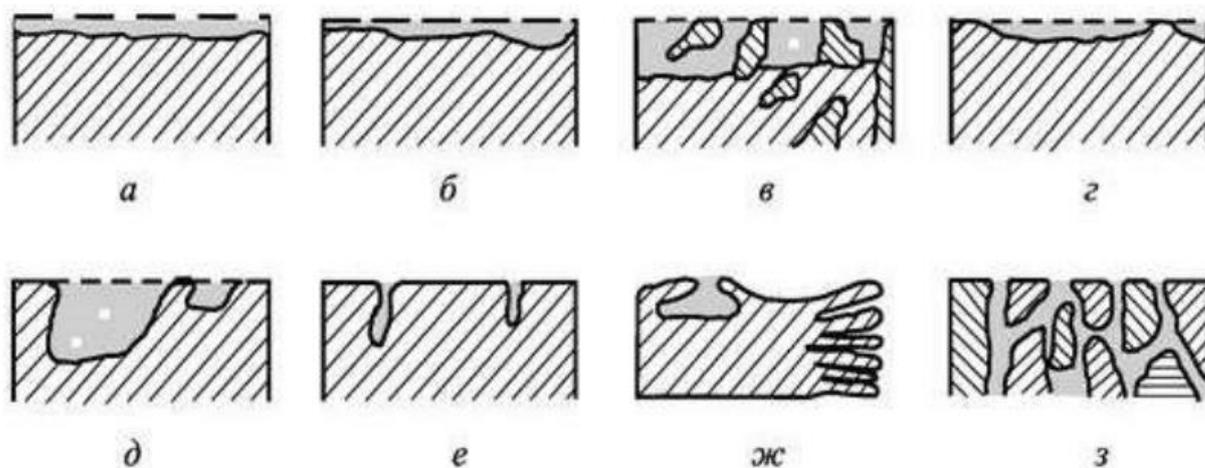
– Точечная (питтинговая) – отдельные точки диаметром 0,1-2 мм распространяющиеся вглубь металла.

– Подповерхностная – распространяется под поверхность металла, когда защитное покрытие разрушено на отдельных участках металла и продукт коррозии сосредоточен внутри металла под покрытием.

– Межкристаллитная – распространяется по границам кристаллов металла приводящий к избирательному разрушению. Сопровождается потерей прочности в основном без изменения внешнего вида.

– Сквозная – сквозное разрушение металла.

На рисунке 1.1 показаны основные виды коррозии



Виды коррозии:

a — сплошная равномерная; *б* — сплошная неравномерная; *в* — структурно-избирательная; *г* — пятнами; *д* — язвами; *е* — точками (питтинговая); *ж* — подповерхностная; *з* — межкристаллитная

Рис 1.1. Виды местных коррозий.

В настоящее время, как на стадии строительства, так и в процессе эксплуатации недостаточно внимания уделяется коррозионной защите оборудования и металлоконструкций резервуара [8].

Одна из основных причин выхода из строя резервуара является коррозия металлических конструкций. Больше всего подвергается коррозии внутренняя поверхность, имеющая непосредственный контакт с нефтью, а именно днище резервуара; первый пояс, который имеет непосредственное соприкосновение с подтоварной водой; область уторного шва; сварные швы [9].

Кровля, крыша резервуара и верхние пояса стенки так же подвержены коррозионным повреждениям, находясь в непосредственном взаимодействии с газами, испаряющимися из нефти.

Бетонный слой препятствует проникновению влаги, воздуха или кислотообразующих газов к арматуре. Однако, чем больше концентрация пор и наличие, каких либо разрушений, под действием агрессивных сред резко снижаются его защитные свойства. Вещества, окружающие металл непосредственно влияют на скорость коррозии [2].

– Стимуляторы – вещества, повышающие скорость коррозии.

– Ингибиторы – вещества, снижающие скорость коррозии.

Коррозия арматуры в бетоне это электрохимический процесс. Так как арматурная сталь, как и среда с которой она контактирует, по структуре неоднородна, то для протекания электрохимической коррозии создаются все условия.

Коррозия арматуры в бетоне возникает:

– При уменьшении щелочности электролита, окружающего арматуру.

– При активации действий сульфат- и хлоридионов, которые через трещины бетона могут проникнуть к арматуре.

Способом защиты арматуры основан на защитном действии щелочных сред. Коррозия в щелочных растворах уменьшается за счет

образования из гидрата окиси железа защитной пленки. Арматура в плотном бетоне может

находиться в полной сохранности на протяжении продолжительного срока [2].

Коррозия обусловлена неравномерным доступом кислорода и неоднородностью окружающей среды в участках подземных конструкций, что очень часто в виде глубоких язв приводит к разрушению отдельных участков конструкции [4]. Разная плотность грунтов является причиной неравномерного доступа кислорода. Между подземными участками металлоконструкций создается разность потенциалов в следствии неоднородности грунтовой среды.

Для коррозионной активности кислотность имеет большое значение. Кислые грунты в подземных металлоконструкциях вызывают сильную коррозию ($pH < 3$). Если грунт имеет определенную влажность, то только тогда возможен электрохимический коррозионный процесс. Интенсивность коррозионных разрушений металла увеличивается при повышении влажности [21]. Максимальная скорость коррозионных процессов отмечается при влажности грунтов 20-25%.

Атмосферные осадки и конденсация паров из воздуха вызывают значительную часть коррозионных повреждений действующих на резервуар. Различают три вида атмосферной коррозии [2]:

- Сухая – коррозия, которая возникает при относительной влажности воздуха меньше 40%;
- Влажная – коррозия, которая возникает при относительной влажности воздуха более 40%;
- Мокрая – коррозия, которая возникает при относительной влажности воздуха 100%;

Трещины являются экстримальным дефектом, которые, представляют собой область с полностью нарушенными межатомными связями и

считаются наиболее опасным дефектом резервуара, приводящие к частичному, а иногда даже и к полному его разрушению[10].

Трещины образуются в резервуаре ещё на начальных этапах его строительства. В процессе изготовления проката, в металле образуются микротрещины, которые, впоследствии при эксплуатации резервуара и действия на них растягивающих усилий увеличиваются в размерах.

Нарушения геометрии может возникать как на начальных этапах проектирования, так и при эксплуатации резервуара. При неправильно спроектированном основании и неверно выбранных материалах происходит неравномерная осадка резервуара. При осадке более 50мм возникает деформация узла сопряжения приемно-раздаточного трубопровода с резервуаром, что может привести к его разрушению [15].

Также на изменение геометрии стенки оказывает гидростатическое давление хранимого продукта, ветровая и снеговая нагрузка, сейсмические явления, а так же воздействие вакуума, возникающем, если дыхательная арматура резервуара неисправна или превышена допускаемая скорость слива нефтепродукта. В этих случаях образуются значительные напряжения в верхних поясах корпуса, что приводит к образованию вмятин и выпучин.

За осадкой основания наблюдают путем нивелирования по наружному периметру окрайки днища. В первые пять лет эксплуатации нивелирование проводят каждый год, затем контрольное нивелирование проводится раз в пять лет. В РД 08-95-95 указаны допустимые отклонения для резервуаров, находящихся в эксплуатации более пяти лет. Для измерения осадки устанавливаются глубинные реперы на территории предприятия. Нивелирование проводит организация, которая имеет допуск для проведения данного вида работ. При возникновении предельных величин осадки резервуар выводят из эксплуатации решением комиссии[1].

На потерю устойчивости резервуара влияют такие факторы, как вакуум, снег, ветер, вес собственной конструкции и грубое нарушение режимов эксплуатации. Резервуар имеет цилиндрическую форму из

тонкостенной оболочки, что означает малую устойчивость конструкции при сборке. Стенки резервуара проверяются на общее воздействие сжатия от внешнего давления на боковую поверхность [2]. Для РВС внешнее давление определяется ветровой и снеговой нагрузкой. Если по результатам расчетов не выполняется условие прочности, то увеличивают номинальную толщину стенки.

2. Анализ возникновения дефектов

Дефекты, возникающие в РВС 10 000 м³ могут быть образованы как на стадии проката металла, при транспортировке, так при монтаже и эксплуатации. Основное количество дефектов все-таки связано с монтажом и эксплуатацией резервуара.

Больше всего возникновению дефекта подвержено днище резервуара – 50%, затем оболочка корпуса – 35% и стационарное покрытие 15%.

Человеческий фактор – несоблюдение требований при проектировании и изготовлении резервуара. Неправильно спроектированный фундамент и неправильно выбранное основание приводит к неравномерной осадке, выходящих за пределы расчетных норм, что в свою очередь влечет за собой череду последствий: трещины в корпусе и днище, выпучины, складки днища, деформация днища по периметру резервуара и нарушение геометрической формы резервуара, а иногда приводит к полному его разрушению [11].

Дефекты сварных швов тоже можно отнести к человеческому фактору. Непровары, прожоги (сквозные проплавления), наплывы, трещины, шлаковые включения, кратеры. Выполнить сварку, которая не имела бы дефектов, практически невозможно, но исключить халатность, невнимательность можно. Сварщики должны иметь квалификацию, соответствующую производству работ [19].

Дефекты в сварных швах [2]:

- Трещины в крайках днища;
- Трещины в нижнем упорном соединении и стыках полотнищ днища.
- Трещины в швах нижних поясов.

Коррозионные дефекты являются основным фактором, повреждающим резервуар. Интенсивность и характер коррозии зависит от

коррозионной стойкости материалов, химического состава нефти, температуры.

Перепады температур влияют на образование трещин, как в стенках резервуара, так и в бетонном основании.

На изменение геометрии стенки оказывает гидростатическое давление хранимого продукта, ветровая и снеговая нагрузка, сейсмические явления, а также воздействие вакуума, возникающем, если дыхательная арматура резервуара неисправна или превышена допустимая скорость слива нефтепродукта. В этих случаях образуются значительные напряжения в верхних поясах корпуса, что приводит к образованию вмятин и выпучин [17].

2.1 Анализ причин возникновения осадок основания

Основание резервуара (фундамент) является основной частью всего сооружения, принимающий давление всей конструкции резервуара и давление нефтепродукта (гидростатическое). Неправильно спроектированный фундамент и неправильно выбранное основание приводит к неравномерной осадке, выходящих за пределы расчетных норм, что в свою очередь влечет за собой череду последствий: трещины в корпусе и днище, выпучины, складки днища, деформация днища по периметру резервуара и нарушение геометрической формы резервуара, а иногда приводит к полному его разрушению.

В процессе интенсивного обводнения может произойти потеря несущей способности грунтов основания.

Причинами этого может быть:

- Некачественное выполнение насыпи в основании.
- Обводнение грунтов.
- Эрозия почвы.
- Неправильной организации водоотвода с поверхности резервуара дождевых и талых вод, стекающих со стен и крыши резервуара.

Как правило, резервуары вертикальные стальные имеют равномерную осадку основания, но при осадке более 50мм возникает деформация узла сопряжения приемно-раздаточного трубопровода с резервуаром, что может привести к его разрушению [17].

Основные причины осадки основания:

- Некачественное выполнение насыпи в основании.
- Обводнение грунтов и разрушение фундамента подземными и дождевыми водами.
- Эрозия почвы, просадка и выпучивание грунтов.
- Разрушение бетона при резких перепадах температур.
- Воздействие химических веществ на железобетонные конструкции.

2.2 Анализ причин появления дефектов сварных соединений

Дефект сварного шва – отклонение от технических условий и требований чертежа, который ухудшает качество свариваемого соединения (герметичность, сплошность, механические свойства). Влияние дефектов на прочность зависит от расположения по отношению к действующим силам, от формы и глубины. Чем глубина дефекта больше, тем больше он оказывает влияние на соединительную прочность. Резервуар считается ответственным сооружением, поэтому, глубина дефекта не должна превышать 5-10% толщины основного металла. Дефекты, которые располагаются параллельно или под небольшим углом менее опасны, чем дефекты, расположенные перпендикулярно растягивающему усилию [12].

Причинами появления дефектов являются:

- Плохая свариваемость металла.
- Неудовлетворительное качество электродов.
- Неправильный режим и технология сварки.
- Неравномерное движение электрода, проволоки и горелки (неравномерная ширина и высота шва по длине).
- Недостаточная подгонка и подготовка кромок (уширения между кромками нужно заполнять наплавленным металлом).
- Дефекты сварного шва (подрезы, непровары, прожоги (сквозные проплавления), наплывы, трещины, шлаковые включения, кратеры, образование пор).
- Для данной толщины соединения слишком маленький размер сварного шва.
- Высокое значение сварочного тока (образование хрупких крупнозернистых участков).

Образование пор – водород, углерод которые не успевают выделиться до застывания сварного шва, образуют поры.

Причины: неправильная регулировка пламени горелки, влажность электродного покрытия.

Непровар – между свариваемыми деталями отсутствует сплавление.

Причины: недостаточный сварочный ток, большая скорость сварки, недостаточная подгонка и подготовка кромок.

Устранение: уменьшение длины дуги, повышение мощности сварочной дуги.

Подрез – канавка в основном металле по краям сварного шва.

Причины: выбран неправильный параметр (в особенности скорость сварки и напряжение на дуге), направление сварочной дуги больше на вертикальную поверхность, увеличенная длина сварочной дуги.

Устранение: уменьшение длины дуги избавит от подреза и увеличит проплавление и устранит непровар.

Наплыв – натекание на основной металл без образования сплавления.

Причины: неправильный режим сварки, наличие окалины на свариваемой поверхности.

Устранение: выбрать подходящий режим, подготовить поверхности.

Прожег – сквозное отверстие.

Причины: избыточные зазор между кромками и/или ток, недостаточная скорость сварки.

Устранение: Увеличить скорость сварки, надлежащим образом подготовить кромки к сварке, понизить сварочный ток.

Кратер – воронка в конце участка шва.

Причины: резкий обрыв дуги.

Устранение: вырезать кратер до основного металла и заварить.

2.3 Анализ причин возникновения трещин

Трещины образуются в резервуаре ещё на начальных этапах его строительства. В процессе изготовления проката, в металле образуются микротрещины, которые, впоследствии при эксплуатации резервуара и действия на них растягивающих усилий увеличиваются в размерах.

От условий эксплуатации и хранимого продукта зависит образование коррозионных повреждений [20]. Наличие агрессивных веществ при долгой эксплуатации приводит к снижению сопротивляемости и старению металла, качество металла, качество антикоррозионного покрытие напрямую влияет на охрупчивание металла и срок службы резервуара .

К образованию хрупких трещин и снижению прочности приводят резкие перепады температур окружающей среды.

В результате сварки образуются дефекты сварных соединений в виде непроваров, подрезов, наплывов, прожогов, кратеров, образование пор, образование шлаковых включений.

В местах повышенной концентрации напряжений, а именно в уторных и монтажных соединениях и технологических отверстиях появляются трещины малоциклового усталости [18].

3. Анализ остаточного ресурса РВС 10 000м³

Резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов являются одним из основных технологических объектов нефтебаз и магистральных нефтепродуктопроводов [1]. Обеспечение необходимого уровня надежности стального вертикального цилиндрического резервуара закладывается на этапах проектирования и сооружения, а осуществляется – на этапе эксплуатации.

В настоящее время предельный срок службы резервуаров ненормирован. Решение о демонтаже резервуара принимается по результатам приборной и расчетной диагностик. Резервуар представляет собой вертикальную оболочку с днищем, поэтому прочностной анализ таких объектов основан на безмоментной теории оболочек. При этом следует учитывать, что наличие концентраторов напряжений (изменение сечения элементов конструкции, наличие люков, место врезки штуцеров, наличие неукрепленных отверстий и т.д.) может значительно менять симметрию конструкции, распределение напряжений и деформаций в локальных зонах, что сложно учесть при проведении аналитических расчетов [2].

Традиционный подход к оценке остаточного ресурса заключается в обработке данных замеров толщины стенки резервуара и выявлении средней и максимальной величин коррозионного разрушения. Далее оценка ресурса произведена с использованием модель, основанной на гипотезе линейного (по времени) характера коррозионного разрушения.

Расчеты проводятся в соответствии с РД 153–112–017–97, РД 08–95–95 [3,4].

Для определения остаточного ресурса проведены:

- поверочный расчет стенки резервуара на прочность;
- поверочный расчет стенки резервуара на устойчивость;
- расчет остаточного ресурса по критерию коррозионного износа;

– расчет остаточного ресурса по критерию малоциклового усталости.

3.1 Описание анализируемого РВС-10 000

В качестве объекта исследования выбран РВС-10 000. Основные габаритные размеры и характеристики соответствуют данным Саратовского резервуарного завода и приведены в таблице 3.1 [20]

Таблица 3.1 – Основные характеристики РВС-10 000

Номинальный объем, м ³	10 000
Внутренний диаметр стенки, мм	34 200
Высота стенки, мм	12 000
Плотность продукта, т/м ³	0,9
Расчетная высота налива, мм	11 200
Стенка	
Количество поясов, шт	8
Толщина верхнего пояса, мм	8
Толщина нижнего пояса, мм	10
Днище	
Количество окраек, шт	18
Толщина центральной части, мм	5
Толщина окраек, мм	9
Крыша	
Количество балок, шт.	32
Несущий элемент	I 20Б1
Толщина настила, мм	5
Масса конструкций, кг	
Стенка	86 772
Днище	42 149

Продолжение таблицы 3.1

Крыша	78 607
Лестница	6 023
Площадки на крыше	1 214
Люки и патрубки	2 595

Материал стенки сталь: 09Г2С-12.

Значения фактической толщины стенок (с учетом утонения в процессе эксплуатации), полученных в результате толщинометрии приняты на основе данных [22] и приведены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Принятые значения толщины стенок РВС-10 000

Пояс	Номинальная толщина, мм	Измеренная толщина, мм
1	10,0	9,1
2	9,0	8,5
3	9,0	8,5
4	8,5	8,3
5	8,5	8,2
6	8,5	8,2
7	8,5	7,9
8	8	7,9

Расположен резервуар в III снеговом районе и II ветровом районе по СП 20.13330.2016 [22].

Резервуар относится к статически нагружаемым резервуарам (коэффициент оборачиваемости не более 100 циклов в год)

3.2 Проверочный расчет прочности стенки резервуара

При расчете учтены:

- гидростатическое давление нефти,
- избыточное давление и вакуум,

Напряжения, возникающие вследствие указанных нагрузок в совокупности с монтажными напряжениями, могут со временем при коррозионном и температурном воздействии среды вызвать разрушение элементов резервуара. На рисунке 3.1 показаны схемы нагружения резервуара.

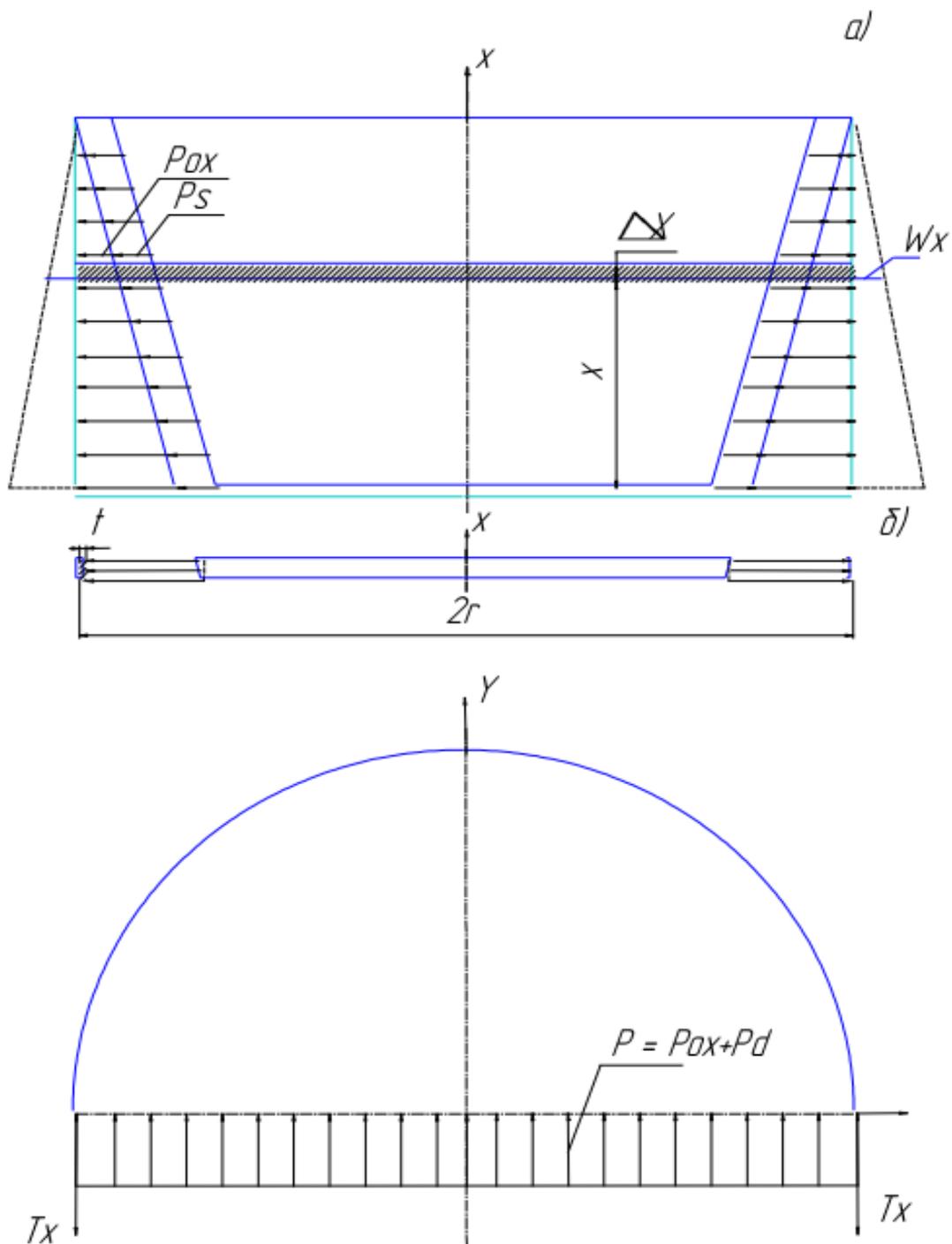


Рисунок 3.1. К расчету стенки РВС на прочность: а) схема внешних нагрузок и воздействий; б) и в)-расчетная схема

Проверка прочности для каждого пояса стенки резервуара проводится по формуле:

$$\sigma = \frac{[n_1 \rho (H - x) + n_2 P_u] r}{100 \delta} \leq \gamma_c R_y^* \quad (3.1)$$

где σ_x – расчетное напряжение в проверяемом поясе резервуара, n_1 – коэффициент перегрузки по гидростатическому давлению, $n_1 = 1,0$; ρ – плотность нефтепродукта хранения, кг/м³. H – высота взлива, м; x – высота (от днища) до уровня рассчитываемого пояса, м; n_2 – коэффициент перегрузки для избыточного давления и вакуума, $n_2 = 1,2$; P_u – нормативное значение избыточного давления в пространстве под кровлей резервуара, $P_u = 0,2$ кПа; r – радиус резервуара, м; δ – фактическая толщина стенки резервуара в расчетном поясе, мм; γ_c – коэффициент условия работы, для 1-го пояса стенки $\gamma_c = 0,7$, для всех остальных поясов $\gamma_c = 0,80$; R_y^* – расчетное сопротивление стали по пределу текучести, МПа [6]. Для стали 09Г2С-12, поставляемой в листах по ГОСТ 19281-2014 [23]

$$R_y^* = \sigma_T = 375 \text{ МПа} .$$

Определена ширина листа по данным таблицы 3.1

$$h_l = \frac{12000 \text{ мм}}{8} = 1500 \text{ мм} = 1,5 \text{ м} .$$

Определен радиус резервуара

$$r = \frac{34200 \text{ мм}}{2} = 17100 \text{ мм} = 17,1 \text{ м} .$$

Производим расчет напряжений в каждом поясе по фактическим толщинам поясов (данные таблицы 3.2)

– пояс 1

$$\sigma_1 = \frac{[1 \cdot 900 \cdot (12 - 0) + 1,2 \cdot 0,2] \cdot 17,1}{100 \cdot 9,1} = 189,42 \text{ МПа} ;$$

– пояс 2

$$\sigma_2 = \frac{[1 \cdot 900 \cdot (12 - 1 \cdot 1,5) + 1,2 \cdot 0,2] \cdot 17,1}{100 \cdot 8,5} = 175,63 \text{ МПа} ;$$

– пояс 3

$$\sigma_3 = \frac{[1 \cdot 900 \cdot (12 - 2 \cdot 1,5) + 1,2 \cdot 0,2] \cdot 17,1}{100 \cdot 8,5} = 148,47 \text{ МПа} ;$$

– пояс 4

$$\sigma_4 = \frac{[1 \cdot 900 \cdot (12 - 3 \cdot 1,5) + 1,2 \cdot 0,2] \cdot 17,1}{100 \cdot 8,3} = 124,24 \text{ МПа};$$

– пояс 5

$$\sigma_5 = \frac{[1 \cdot 900 \cdot (12 - 4 \cdot 1,5) + 1,2 \cdot 0,2] \cdot 17,1}{100 \cdot 8,2} = 97,60 \text{ МПа};$$

– пояс 6

$$\sigma_6 = \frac{[1 \cdot 900 \cdot (12 - 5 \cdot 1,5) + 1,2 \cdot 0,2] \cdot 17,1}{100 \cdot 8,2} = 69,45 \text{ МПа};$$

– пояс 7

$$\sigma_7 = \frac{[1 \cdot 900 \cdot (12 - 6 \cdot 1,5) + 1,2 \cdot 0,2] \cdot 17,1}{100 \cdot 7,9} = 42,86 \text{ МПа};$$

– пояс 8

$$\sigma_8 = \frac{[1 \cdot 900 \cdot (12 - 7 \cdot 1,5) + 1,2 \cdot 0,2] \cdot 17,1}{100 \cdot 7,9} = 13,64 \text{ МПа};$$

Для каждого пояса определен коэффициент запаса прочности

$$k_i = \frac{\gamma_c R_y^*}{\sigma_i}$$

где k_i – коэффициент запаса для i -го пояса, σ_i – напряжение в i -м поясе.

Условие прочности считается выполненным если для любого пояса

$$k_i \geq 1$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 3.3

Таблица 3.3 – Результаты проверки прочности стенки РВС-10000

№ пояса	Расчетное напряжение, МПа	Расчетный коэффициент запаса k_i
1	189,42	1,38
2	175,63	1,70
3	148,47	2,02
4	124,24	2,41

Продолжение таблицы 3.3

5	97,60	3,07
6	69,45	4,31
7	42,86	6,99
8	13,64	21,99

Как видно из таблицы 3.3, при текущем уровне коррозионного износа для всех поясов анализируемого РВС-10 000 м³ выполняется условие прочности (3.1).

3.3 Проверочный расчет стенки РВС-10 000 на устойчивость

При расчете учтены:

- гидростатическое давление нефти,
- избыточное давление и вакуум,
- ветровые и снеговые нагрузки,

Основным элементом вертикального резервуара, работающим на сжатие, является его стенка. Проверка стенки на устойчивость по [6] сводится к проверке выполнения условия

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{01}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{02}} \leq \gamma_c \quad (3.2)$$

где, σ_1 – расчетные осевые, σ_2 – расчетные кольцевые напряжения, σ_{01} , σ_{02} – критические напряжения (осевые и кольцевые соответственно). γ_c – коэффициент условия работы, $\gamma_c = 1$.

На рисунке 3.2 приведена расчетная схема для проверки устойчивости от действия внешних нагрузок.

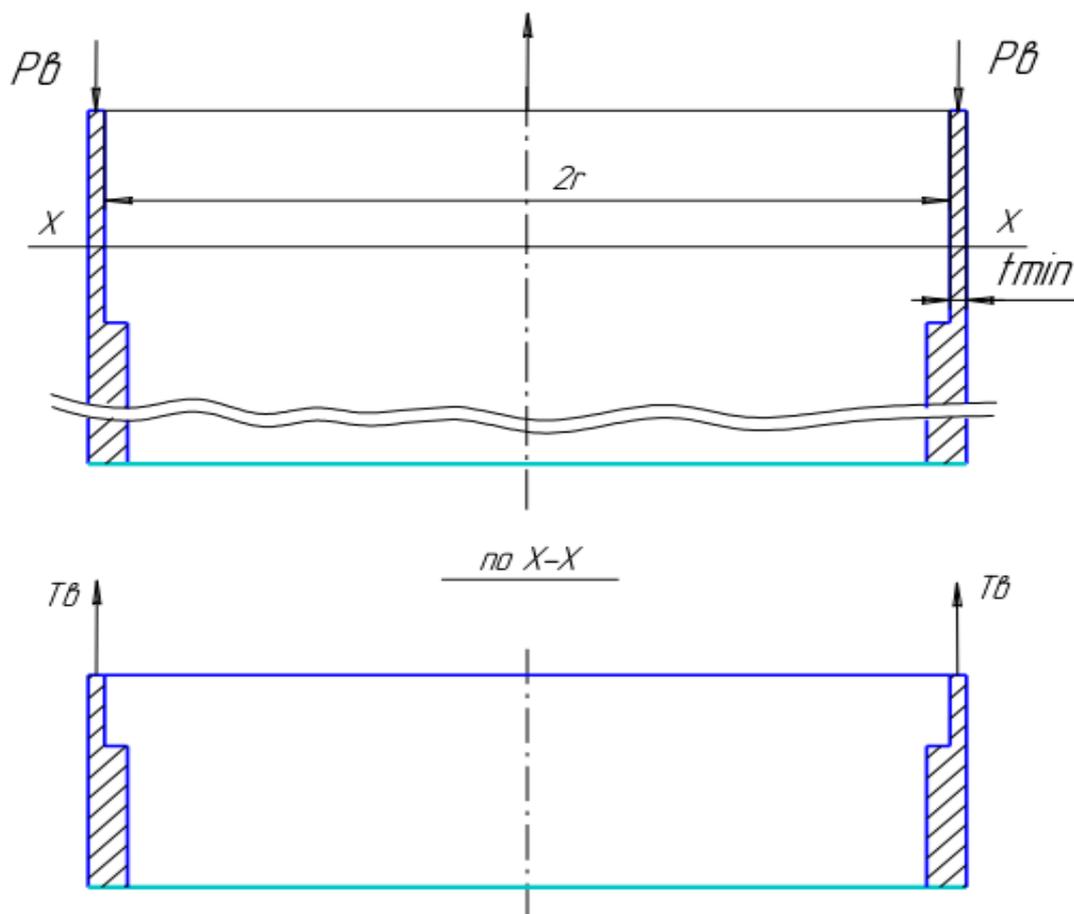


Рисунок 3.2 Расчет устойчивости стенки от вертикальных (осевых) нагрузок

В свою очередь,

$$\sigma_1 = \frac{n_3(Q_{\text{п}} + Q_{\text{ст}}) + Q_{\text{сн}}n_5 + Q_{\text{вак}}n_2}{2\pi r\delta}$$

где n_3 – коэффициент надежности по нагрузке от собственного веса, $n_3 = 1,05$, $Q_{\text{п}}$ – вес покрытия резервуара (по таблице 3.1), МН; $Q_{\text{ст}}$ – вес вышележащих поясов стенки, МН; $Q_{\text{сн}}$ – нормативная снеговая нагрузка, МН; $Q_{\text{вак}}$ – нормативная нагрузка от вакуума, МН; n_5 – коэффициент надежности по снеговой нагрузке. По СП 20.13330.2016 [22] $n_5 = 1,4$.

По таблице 3.1 вес перекрытия резервуара

$$Q_{\text{п}} = 78607 \cdot g \cdot 10^{-6} = 0,77 \text{ МН.}$$

Вес вышележащих поясов определен по формуле

$$Q_{\text{ст}} = \sum_{i=2}^b 2\pi r h_i \gamma_{\text{ст}} \delta_i$$

где $b = 8$ – общее число поясов, r – радиус РВС, м; h_i – высота i -го пояса, м (для всех поясов $h_i = 1,5$ м), $\gamma_{ст}$ – удельный вес стали, МН/м³ ($\gamma = 7860$ кг/м³ = 0,0771 МН/м³).

Проверка устойчивости проведена для каждого пояса

Расчетное значение веса вышележащих поясов стенки:

– для первого пояса

$$Q_{cm} = 2\pi r h \gamma_{ст} (\delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5 + \delta_6 + \delta_7 + \delta_8) = \\ = \pi \cdot 17,1 \cdot 1,5 \cdot 0,0711 \cdot (8,5 + 8,5 + 8,3 + 8,2 + 8,2 + 7,9 + 7,9) \cdot 10^{-3} = 0,71 \text{ МН};$$

– для второго пояса

$$Q_{cm} = 2\pi r h \gamma_{ст} (\delta_3 + \delta_4 + \delta_5 + \delta_6 + \delta_7 + \delta_8) = \\ = \pi \cdot 17,1 \cdot 1,5 \cdot 0,0711 \cdot (8,5 + 8,3 + 8,2 + 8,2 + 7,9 + 7,9) \cdot 10^{-3} = 0,61 \text{ МН};$$

– для третьего пояса

$$Q_{cm} = 2\pi r h \gamma_{ст} (\delta_4 + \delta_5 + \delta_6 + \delta_7 + \delta_8) = \\ = \pi \cdot 17,1 \cdot 1,5 \cdot 0,0711 \cdot (8,3 + 8,2 + 8,2 + 7,9 + 7,9) \cdot 10^{-3} = 0,50 \text{ МН};$$

– для четвертого пояса

$$Q_{cm} = 2\pi r h \gamma_{ст} (\delta_5 + \delta_6 + \delta_7 + \delta_8) = \\ = \pi \cdot 17,1 \cdot 1,5 \cdot 0,0711 \cdot (8,2 + 8,2 + 7,9 + 7,9) \cdot 10^{-3} = 0,40 \text{ МН};$$

– для пятого пояса

$$Q_{cm} = 2\pi r h \gamma_{ст} (\delta_6 + \delta_7 + \delta_8) = \\ = \pi \cdot 17,1 \cdot 1,5 \cdot 0,0711 \cdot (8,2 + 7,9 + 7,9) \cdot 10^{-3} = 0,30 \text{ МН};$$

– для шестого пояса

$$Q_{cm} = 2\pi r h \gamma_{ст} (\delta_7 + \delta_8) = \pi \cdot 17,1 \cdot 1,5 \cdot 0,0711 \cdot (7,9 + 7,9) \cdot 10^{-3} = 0,20 \text{ МН};$$

– для седьмого пояса

$$Q_{cm} = 2\pi r h \gamma_{ст} \delta_8 = \pi \cdot 17,1 \cdot 1,5 \cdot 0,0711 \cdot 7,9 \cdot 10^{-3} = 0,10 \text{ МН};$$

– для седьмого пояса

$$Q_{cm} = 0;$$

Нормативная снеговая нагрузка определена

$$Q_{сн} = q\mu k_1 \pi r^2$$

где q – нормативное значение веса снегового покрова по СП 20.13330.2016 [22], (для II снегового района $q = 1,0$ кПа = 10^{-3} МПа); μ – коэффициент перехода от нормативного веса снегового покрова к нагрузке на покрытие, для РВС $\mu = 1$; k_1 – коэффициент, принимаемый по рекомендациям СП 20.13330.2016 [22] как произведение коэффициента сноса снега с покрытия c_b , и термического коэффициента c_t .

$$k_1 = c_b c_t.$$

Коэффициент сноса снега с покрытия принят $c_b = 1$ (для наихудших условий), коэффициент c_t в соответствии с п. 10.10 [22] принят $c_t = 1$. Таким образом, $k_1 = 1$.

Расчетное значение нормативной снеговой нагрузки

$$Q_{сн} = q\mu k_1 \pi r^2 = 10^{-3} \cdot 1 \cdot 1 \cdot \pi \cdot 17,1 = 0,92 \text{ МН}.$$

Нормативная нагрузка от вакуума определена по формуле

$$Q_{\text{вак}} = \pi r^2 P_{\text{вак}}$$

где $P_{\text{вак}}$ – нормативное значение вакуума в газовом пространстве. По РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04 [22] $P_{\text{вак}} = 0,25$ кПа = $0,25 \cdot 10^{-3}$ МН/м². Расчетное значение нормативной нагрузки от вакуума

$$Q_{\text{вак}} = \pi \cdot 17,1^2 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} = 0,23 \text{ МН}$$

Критические осевые напряжения определены как

$$\sigma_{01} = CE \frac{\delta}{r}$$

где E – модуль упругости стали 09Г2С, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент C , который зависит от величины r/δ , $C = 0,07$. Значение критического осевого напряжения:

– для первого пояса

$$\sigma_{01} = 0,07 \cdot 2 \cdot 10^5 \frac{9,1}{17100} = 7,45 \text{ МПа}$$

– для второго и третьего поясов

$$\sigma_{01} = 0,07 \cdot 2 \cdot 10^5 \frac{8,5}{17100} = 6,96 \text{ МПа}$$

– для четвертого пояса

$$\sigma_{01} = 0,07 \cdot 2 \cdot 10^5 \frac{8,3}{17100} = 6,80 \text{ МПа}$$

– для пятого и шестого поясов

$$\sigma_{01} = 0,07 \cdot 2 \cdot 10^5 \frac{8,2}{17100} = 6,71 \text{ МПа}$$

– для седьмого и восьмого поясов

$$\sigma_{01} = 0,07 \cdot 2 \cdot 10^5 \frac{7,9}{17100} = 6,47 \text{ МПа}$$

Расчетные значения осевых напряжений:

– для первого пояса

$$\sigma_1 = \frac{1,05(0,77 + 0,71) + 0,92 \cdot 1,4 + 0,23 \cdot 1,2}{2\pi \cdot 17,1 \cdot 9,1 \cdot 10^{-3}} = 3,20 \text{ МПа};$$

– для второго пояса

$$\sigma_1 = \frac{1,05(0,77 + 0,61) + 0,92 \cdot 1,4 + 0,23 \cdot 1,2}{2\pi \cdot 17,1 \cdot 8,5 \cdot 10^{-3}} = 4,07 \text{ МПа};$$

– для третьего пояса

$$\sigma_1 = \frac{1,05(0,77 + 0,50) + 0,92 \cdot 1,4 + 0,23 \cdot 1,2}{2\pi \cdot 17,1 \cdot 8,5 \cdot 10^{-3}} = 3,18 \text{ МПа}.$$

– для четвертого пояса

$$\sigma_1 = \frac{1,05(0,77 + 0,40) + 0,92 \cdot 1,4 + 0,23 \cdot 1,2}{2\pi \cdot 17,1 \cdot 8,3 \cdot 10^{-3}} = 3,13 \text{ МПа}.$$

– для пятого пояса

$$\sigma_1 = \frac{1,05(0,77 + 0,30) + 0,92 \cdot 1,4 + 0,23 \cdot 1,2}{2\pi \cdot 17,1 \cdot 8,2 \cdot 10^{-3}} = 3,05 \text{ МПа}.$$

– для шестого пояса

$$\sigma_1 = \frac{1,05(0,77 + 0,20) + 0,92 \cdot 1,4 + 0,23 \cdot 1,2}{2\pi \cdot 17,1 \cdot 8,2 \cdot 10^{-3}} = 2,93 \text{ МПа}.$$

– для седьмого пояса

$$\sigma_1 = \frac{1,05(0,77 + 0,10) + 0,92 \cdot 1,4 + 0,23 \cdot 1,2}{2\pi \cdot 17,1 \cdot 7,9 \cdot 10^{-3}} = 2,92 \text{ МПа} .$$

– для восьмого пояса

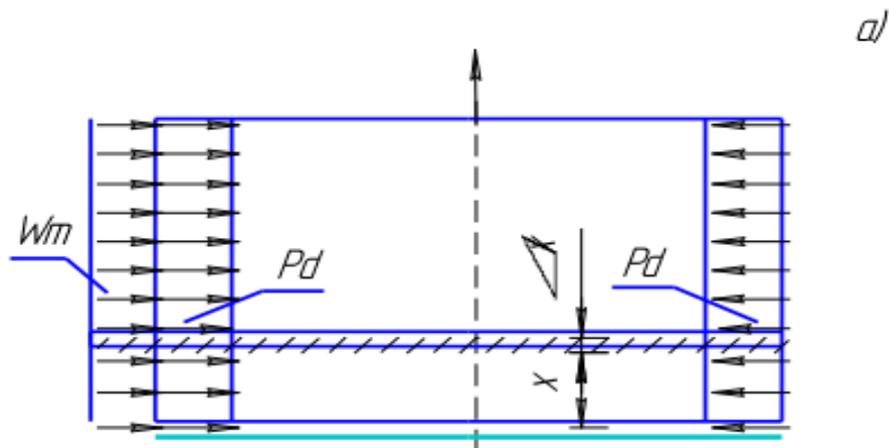
$$\sigma_1 = \frac{1,05 \cdot 0,77 + 0,92 \cdot 1,4 + 0,23 \cdot 1,2}{2\pi \cdot 17,1 \cdot 7,9 \cdot 10^{-3}} = 2,79 \text{ МПа} .$$

Расчет кольцевых напряжений в стенке произведен по формуле

$$\sigma_2 = \frac{P_B n_B + P_{\text{вак}} n_2}{\delta} r$$

где P_B – нормативное значение ветровой нагрузки на резервуар, МПа; n_B – коэффициент надежности по ветровой нагрузке $n_2 = 0,5$.

На рисунке 3.3 приведены расчетные схемы для расчета на действие кольцевых нагрузок



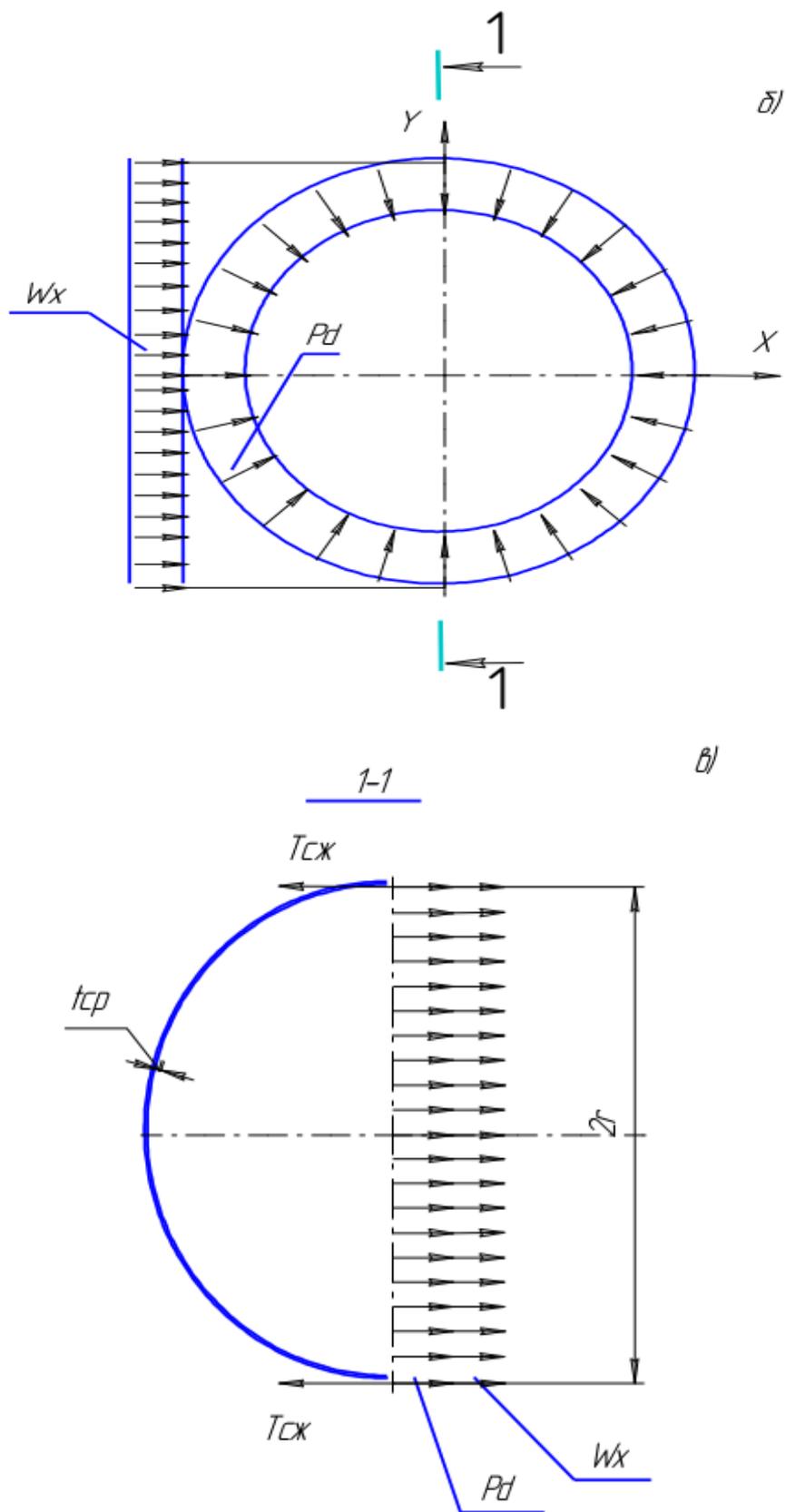


Рисунок 3.3 Расчет устойчивости стенки от кольцевых нагрузок и воздействий: а)-схема нагружения; б)-расчетная схема

Нормативное значение ветровой нагрузки определено по формуле

$$P_B = \omega_0 K_2 C_0$$

где ω_0 – нормативное значение ветрового давления, C_0 – аэродинамический коэффициент. K_2 – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте. по СП 20.13330.2016 [22] $\omega_0 = 0,30$ кПа = $0,30 \cdot 10^{-3}$ МПа, $C_0 = 0,5$, $K_2 = 1,25$.

Расчетное значение ветровой нагрузки

$$P_B = 0,30 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 1,25 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ МПа}$$

Расчетные значения кольцевых напряжений:

– для первого пояса

$$\sigma_2 = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 + 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2}{9,1 \cdot 10^{-3}} 17,1 = 0,74 \text{ МПа ;}$$

– для второго и третьего поясов

$$\sigma_2 = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 + 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2}{8,5 \cdot 10^{-3}} 17,1 = 0,79 \text{ МПа ;}$$

– для четвертого пояса

$$\sigma_2 = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 + 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2}{8,3 \cdot 10^{-3}} 17,1 = 0,81 \text{ МПа ;}$$

– для пятого и шестого поясов

$$\sigma_2 = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 + 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2}{8,2 \cdot 10^{-3}} 17,1 = 0,82 \text{ МПа .}$$

– для седьмого и восьмого поясов

$$\sigma_2 = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 + 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2}{7,9 \cdot 10^{-3}} 17,1 = 0,85 \text{ МПа .}$$

Критические кольцевые напряжения определены по формуле

$$\sigma_{02} = 0,55 E \frac{r}{h_0} \left(\frac{\delta}{r} \right)^{1,5}$$

где h_0 – высота РВС. Для первого пояса

$$\sigma_{02} = 0,55 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{17,1}{12} \left(\frac{9,1}{17100} \right)^{1,5} = 1,92 \text{ МПа}$$

– для второго и третьего–

$$\sigma_{02} = 0,55 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{17,1}{12} \left(\frac{8,5}{17100} \right)^{1,5} = 1,73 \text{ МПа}$$

– для четвертого –

$$\sigma_{02} = 0,55 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{17,1}{12} \left(\frac{8,3}{17100} \right)^{1,5} = 1,68 \text{ МПа}$$

– для пятого и шестого –

$$\sigma_{02} = 0,55 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{17,1}{12} \left(\frac{8,2}{17100} \right)^{1,5} = 1,65 \text{ МПа}$$

– для седьмого и восьмого –

$$\sigma_{02} = 0,55 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{17,1}{12} \left(\frac{7,9}{17100} \right)^{1,5} = 1,56 \text{ МПа}$$

Результаты вычисления левой части (3.2) приведены в таблице 3.4

Таблица 3.4 – Расчетные значения левой части (3.2) для поясов РВС

№ пояса	$\frac{\sigma_1}{\sigma_{01}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{02}}$
1	0,81
2	0,93
3	0,92
4	0,95
5	0,96
6	0,94
7	0,99
8	0,98

Из сравнения данных таблицы 3.4 с нормативным значением коэффициента эксплуатации $\gamma_c = 1$ видно, что условие устойчивости выполняется для всех поясов анализируемого РВС 10000 м³, однако для седьмого пояса значение критерия устойчивости близко к предельному.

3.4 Оценка остаточного ресурса стенки резервуара

В соответствии с рекомендациями [6], оставшееся число циклов загрузки/разгрузки резервуара до образования макротрещин есть меньшее из значений величин

$$N_{0\sigma} = \frac{1}{4} \left(\frac{1,28E \ln \frac{1}{1-\psi}}{1,28n_\sigma \frac{\sigma_a^*}{\varphi_c} - \sigma_{-1}} - 1 \right)^2,$$

$$N_{0N} = \frac{1}{4n_N} \left(\frac{1,28E \ln \frac{1}{1-\psi}}{1,28 \frac{\sigma_a^*}{\varphi_c} - \sigma_{-1}} \right)^2,$$

где ψ – относительное сужение, для стали 09Г2С $\psi = 0,55$; n_σ – коэффициент запаса по напряжениям, $n_\sigma = 2$; σ_a^* – амплитуда условных напряжений; φ_c – коэффициент влияния сварки, для малоуглеродистой стали $\varphi_c = 0,9$ при ручной дуговой сварке; σ_{-1} – предел выносливости, для 09Г2С $\sigma_{-1} = 120$ МПа; n_N – коэффициент запаса по долговечности, $n_N = 10$.

Величина амплитуды условных напряжений определяется по

$$\sigma_a^* = \begin{cases} \sigma_a^* = \sigma_a, & \text{при } 2\sigma_a \leq \sigma_T; \\ \sigma_a^* = K_e \frac{\sigma_H}{2}, & \text{при } 2\sigma_a > \sigma_T; \end{cases}$$

где σ_H – номинальное напряжение в стенке

$$\sigma_H = \frac{\rho g (H - x) r}{\delta},$$

σ_a – амплитуда напряжений в расчетной точке резервуара

$$\sigma_a = 0,5K_\sigma \sigma_H,$$

K_e – коэффициент концентрации деформаций в упругопластической зоне

$$K_e = \frac{\alpha_0^2}{K_\sigma}$$

K_σ – коэффициент концентрации напряжений в упругопластической зоне

$$K_\sigma = \frac{\sigma_T}{\sigma_H}$$

α_0 – теоретический коэффициент концентрации напряжений, $\alpha_0 = 2,4$ для стыкового соединения в случае его пересечения с продольным швом.

Расчетные значения числа циклов загрузки/разгрузки до появления макротрещины для каждого пояса приведены в таблице 3.5

Таблица 3.5 – Расчетные значения количества циклов загрузки/разгрузки

Номер пояса	$N_{0\sigma}$	N_{0N}
1	19541	11249
2	27952	17396
3	53903	40926
4	85974	80301
5	169928	256307
6	520343	8960900
7	6078284	677482
8	2219433	117548

Оценка остаточного ресурса РВС проведена по минимальному из значений таблицы 3.5.

Определен коэффициент влияния среды

$$\beta_{kc} = \lambda \lg N = 0,1 \cdot \lg 11249 = 0,4$$

где коэффициент коррозии $\lambda = 0,1$ при отсутствии специальных мер по снижению коррозии, $N = 11249$ – минимальное значение числа циклов по таблице 3.5.

Произведен учет влияния коррозии на остаточный ресурс

$$N_{kc} = N(1 - \beta_{kc}) = 11249(1 - 0,4) = 6692.$$

Так как резервуар относится к статически нагружаемым, расчет времени эксплуатации до появления макротрещин произведен для коэффициента оборачиваемости $n_o = 100$.

$$T = \frac{N_{kc}}{n_o} = \frac{6692}{100} = 66,92 \text{ лет.}$$

Полученное значение удовлетворяет требованиям долговечности практически любого объекта хранения, отпуска и транспортировки нефти и нефтепродуктов.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Е5А	Шермунинов Азизжон Авазович

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 Нефтегазовое дело

Тема ВКР:

Анализ остаточного ресурса стального вертикального резервуара типа РВС-10000 м³	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Резервуар вертикальный стальной объемом 10 000м ³ предназначен для хранения нефтепродуктов.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ Р 22.0.02 – 2016 – ГОСТ 22269-76 – ГОСТ 23000-78. – СанПиН 2.2.4.548-96 – СанПин 2.2.4.3359-16 – «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019) – ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ – ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ – ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ – ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ – ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ – СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 – СП 52.13330.2016 – Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p><i>Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения); – взрывоопасность и пожароопасность; – повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов. <p><i>Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – климатические условия; – превышение уровней ионизирующих излучений;

	<p>– повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</p> <p>– недостаточная освещенность рабочей зоны;</p> <p>– повреждение в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися.</p>
3. Экологическая безопасность:	<p>Охрана окружающей среды:</p> <p>– анализ воздействия объекта на атмосферу (загрязнение атмосферного воздуха);</p> <p>– анализ воздействия объекта на гидросферу (промышленные стоки и прорывы резервуаров в сточные воды)</p> <p>- анализ воздействия объекта на литосферу (разливание нефтепродуктов).</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Разлив нефтепродуктов и его возгорание. Чрезвычайные ситуации при эксплуатации могут возникнуть в результате внезапного выхода паров углеводородов, разгерметизации оборудования приводящих к возникновению взрыва и развитию пожара.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е5А	Шермунинов Азизжон Авазович		

4. Социальная ответственность

Социальная ответственность – сознательное отношение субъекта социальной деятельности к требованиям социальной необходимости, гражданского долга, социальных задач, норм и ценностей, понимание последствий осуществляемой деятельности для определенных социальных групп и личностей, для социального прогресса общества.

В данной работе рассмотрен анализ остаточного ресурса резервуара РВС 10 000м³. В ходе своей работы рассматриваю остаточный срок службы резервуара, при его правильной эксплуатации.

В данной главе рассмотрено безопасность при эксплуатации резервуаров типа РВС 10 000м³. Резервуар установлен на территории Навоийской области Республики Узбекистан. Температура окружающей среды составляет от -20С⁰ до +45С⁰ в тени.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При эксплуатации резервуара требования по охране труда определяются законом «Закон о промышленной безопасности опасных производственных объектов», «Об основах охраны труда в РФ».

В связи с требованиями, предъявляющими к нефтебазам и резервуарным паркам в соответствии с ФЗ №116 «О промышленной безопасности на опасных производственных объектах» предприятие обязуется страховать резервуар сооружения и персонал на случай чрезвычайных ситуаций. В противном случае, невыполнение обязательств по обеспечению безопасности производственного объекта и его персонала берет на себя полную ответственность по компенсации последствий, возникших при аварии.

Для того, чтобы осуществить практическую деятельность в области обеспечения безопасности жизнедеятельности необходимо соблюдение нормативов и правил ведения соответствующих работ, которые позволяют их обеспечить. В связи с тем, что проектирование устройства виброзащиты – виброгасителя с квазиулевым жесткостью производится при помощи ЭВМ, необходимо рассмотреть требования к рабочей зоне оператора и самой ЭВМ.

В соответствии с Трудовым Кодексом Российской Федерации работодатель обязан обеспечить нормальные условия для выполнения работниками норм выработки. К таким условиям, в частности, относятся:

- исправное состояние помещений, сооружений, машин, технологической оснастки и оборудования;
- своевременное обеспечение технической и иной необходимой для работы документацией;
- надлежащее качество материалов, инструментов, иных средств и предметов, необходимых для выполнения работы, их своевременное предоставление работнику;
- условия труда, соответствующие требованиям охраны труда и безопасности производства.

В соответствии со статьей «Статья 14 № 426-ФЗ» условия труда при проектировании виброзащитного устройства по классификации класса условий труда - оптимальные. Воздействие неблагоприятных факторов отсутствует и влияния на организм не происходит.

4.2 Производственная безопасность

Все, что окружает человека в процессе производственной деятельности – это производственная среда, которая непосредственно влияет на результат труда, здоровье и состояние в целом.

Для создания благоприятных и безопасных условий труда необходимо учитывать производственные факторы, оказывающие отрицательное

значение на здоровье человека, факторы приводящие к снижению работоспособности, травмам или летальному исходу.

Таблица 4.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4.548–96 [20]
2.Повышенный уровень вибрации	–	+	+	ГОСТ 12.1.012 – 90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования. [24]
3. Превышение уровня шума	–	+	+	Уровень шума на рабочих местах СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [17]
4.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	Естественное и искусственное освещение СП 52.13330.2016 [19]
5.Недостаточная освещенность рабочей зоны	–	+	+	Естественное и искусственное освещение СП 52.13330.2016 [19]
6.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов ГОСТ 12.1.038-82 [16].
7. Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	–	+	–	ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности. [28]

1. Повышенный уровень вибрации

а) При изготовлении

При изготовлении не стандартных деталей конструкции, возникает вибрация, которая появляется в процессе работы производственного оборудования, такого как: токарный, фрезерный, шлифовальный станки и станок с ЧПУ.

При достаточно долгом действии общей вибрации возникают механические повреждения тканей, а также органов человеческого организма.

В соответствии с ГОСТ 12.1.012-90 [24], амплитуда вибрации в помещении должна составлять не более $0,0072 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ при частотах от 31,5 Гц до 63 Гц. На производстве станки работают в диапазонах близких к 60 Гц. Соответственно, не возникает пагубного влияния на организм человека.

Для того, чтобы снизить уровень вибрации до требуемого уровня используются методы защиты оператора от вибрации. Существуют следующие методы, такие как: правильное размещение специального оборудования устройства и оптимальные режимы работы установки.

Чтобы снизить уровень вибрации в цехе, необходимо своевременно осуществлять ремонт оборудования и вовремя смазывать трущиеся поверхности деталей. При работе с оборудованием используются индивидуальные средства защиты: обувь с амортизирующими подошвами, рукавицы и перчатки с мягкими наладонниками.

б) При эксплуатации

Вибрации исходящие со стороны механизмов, машин или оборудования также оказывает негативное влияние на человека, находящегося в зоне распространения вибрации.

Устройство исследуемой виброзащитной системы предполагает наличие дистанционной системы управления, для исключения вреда здоровью оператору достаточно оставаться за пределами распространения вибрации, которая возникает в процессе работы устройства.

2. Повышенный уровень шума

Во время эксплуатации оборудование является источником шума. При изготовлении деталей для виброзащитного устройства необходимо предусмотреть, чтобы уровень шума в цехе не превышал допустимого уровня. Все это необходимо для того, чтобы предотвратить вредное влияние шума на организм человека. Повышенный уровень шума приводит к быстрой

утомляемости человека и является общебиологическим раздражителем. В последствии продолжительного влияния шума падает производительность физического труда на 10%, а умственного – более чем на 40%.

Известно, что исследования виброзащитных устройств сопровождаются повышенным уровнем шума. Но, предполагается, что шум возникающий от проектируемого виброгасителя с квазиулевым жесткостью не превышает требуемого уровня, к тому же является кратковременным.

По ГОСТ 23337 – 2014 [25] максимально допустимый уровень шума в цехе не должен превышать 80 дБ (широкополосный шум). Общий уровень шума измеряется в пределах 65 дБ. Данный показатель уровня шума соответствует допустимому.

В соответствии с ГОСТ 23337 – 2014 [25] при разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочих мест необходимо обеспечить меры по снижению уровня шума, воздействующего на человека, до требуемого уровня, не превышающего допустимого.

Существуют следующие методы и средства коллективной защиты, которые подразделяются в зависимости от способа реализации на строительноакустические, архитектурно-планировочные и организационно-технические и включают в себя:

- изменение направленности излучения шума;
- рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
- применение звукоизоляции;

3. Неправильная освещенность рабочей зоны

В соответствии с СП 52.13330.2016 [26] неправильная освещенность рабочей зоны относится к вредным производственным факторам, который быстро утомляет человека и снижает его работоспособность. Утомляемость

человека может возникать из-за чрезмерной или недостаточной освещенности, а также из-за неправильного направления света.

В дневное время достигается нормальная освещенность за счет естественного света, который проникает через окна, а в утреннее и вечернее время нормальная освещенность достигается за счет искусственного освещения – лампами.

Освещение должно обеспечиваться непрерывное и равномерное, а также иметь правильное направление светового потока, необходимо исключать ослепляющее воздействие света.

Такое освещение обеспечивает безопасную рабочую зону для здоровья сотрудников, так как входит в допустимое значение освещенности рабочей зоны.

4. Опасность получения удара электрическим током

В связи с тем, что в исследуемом виброзащитном устройстве имеется такой элемент, как электрический двигатель, то в процессе эксплуатации виброзащитного устройства оператор может получить удар электрическим током. Удар электрическим током может привести к летальному исходу.

Во время эксплуатации самого виброзащитного устройства вероятность получения удара электрическим током очень мала, но нельзя исключать чрезвычайные ситуации. Поэтому важно, чтобы оператор соблюдал правила электробезопасности.

Для того, чтобы исключить возникновения поражения электрическим током, в соответствии с ГОСТ 12.1.019 – 2017 [27] рекомендуется проводить организационные мероприятия, такие как:

- произвести изолирование токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- производить технический осмотр оборудования;
- соблюдение условий эксплуатации, а также сборки и установки оборудования согласно конструкторской документации;
- произвести установку защитного заземления;

- оснастка помещения всеми необходимыми предписанию нормами для электробезопасности;
- проводить инструктаж по технике безопасности персоналу, работающему с оборудованием;
- обеспечение свободного прохода;
- использовать плавкие предохранители и автоматические выключатели для защиты от КЗ;
- обучение мероприятиям по работе с электрическими приборами.

5. Возможна опасная ситуация получения термического ожога.

В связи с тем, что в данном устройстве имеются сварные узлы, необходимо учесть возможность получения термического ожога. Из-за несоблюдения техники безопасности увеличивается вероятность получения серьезных повреждений тканей человеческого организма. Как следствие сильный термический ожог может стать причиной летального исхода.

Требования по безопасности согласно ГОСТ 12.2.003-91 [28].

Для того, чтобы обеспечить безопасные условия труда, необходимо использовать жаропрочные рукавицы или краги, а также жаропрочный фартук и сварочный шлем.

4.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия и устранению влияния на рабочих.

Рассмотрим опасные и вредные производственные факторы, которые действуют или могут воздействовать на организм человека при проведении реконструкции резервуара вертикального, а также рассмотрим нормативные значения этих факторов и мероприятия, направленные на снижение или устранение этих факторов.

– Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные).

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.[42]

– Электрический ток, электрическая дуга и металлические искры при сварке.

Класс опасности по ПУЭ при проведении работ по реконструкции внутри резервуара В-1Г, категория опасности А.

Для наружных взрывоопасных установок взрывоопасная зона класса В-1г считается в пределах до:

- 8 м по горизонтали и вертикали от резервуаров с ЛВЖ или горючими газами, при наличии обвалования - в пределах всей площади внутри обвалования.

Допустимый уровень взрывозащиты переносных электрических светильников, для класса взрывоопасной зоны В-1Г, должен быть повышенной надежности против взрыва.

Для защиты от поражения электрическим током необходимо использовать следующие средства индивидуальной защиты: диэлектрические перчатки и галоши (дежурные), резиновые коврики, изолирующие подставки.

Для защиты от электрической дуги и металлических искр при сварке необходимо использовать: защитные костюмы, защитные каски или очки и т.п.[43,46].

– Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением.

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

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

Каждый сосуд, работающий под давлением, снабжается манометром,

Предохранительные устройства (пружинные, рычажно-грузовые клапаны или разрывные мембраны) сосудов должны исключать возможность превышения рабочего давления.[25]

– Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны.

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

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

Работники должны быть обучены мерам защиты от обморожения и оказанию доврачебной помощи.[40]

- Превышение уровней шума.

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

К коллективным средствам и методам защиты от шума относятся:

– совершенствование технологии ремонта и своевременное обслуживание оборудования;

– использование средств звукоизоляции (звукоизолирующие кожухи);
средств звукопоглощения.

В качестве СИЗ Государственным стандартом предусмотрены заглушки-вкладыши (многократного или однократного пользования, вкладыши "Беруши" и др [38]

– *Превышение уровней вибрации.*

Для санитарного нормирования и контроля используются средние квадратические значения виброускорения или виброскорости, а также их логарифмические уровни в децибелах. Для первой категории общей вибрации, по санитарным нормам скорректированное по частоте значение виброускорения составляет 62 дБ, а для виброскорости – 116дБ. Наиболее опасной для человека является вибрация с частотой 6-9 Гц. [44]

– *Недостаточная освещенность рабочей зоны.*

Для резервуарных парков необходимо предусматривать общее равномерное освещение. При этом освещенность должна быть не менее 20 лк независимо от применяемых источников света. При подъеме или перемещении грузов должна быть освещенность места работ не менее 5 лк при работе вручную и не менее 10 лк при работе с помощью машин и механизмов [47].

– *Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны.*

Контроль воздушной среды должен проводиться:

- с периодичностью 1 раз в 30 мин;
- по первому требованию ответственного лица за проведение работ;
- по первому требованию исполнителей работ по наряду-допуску;
- после перерыва в работе 1 час.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). Предельно допустимая концентрация пыли, как вещества умеренно опасного, в воздухе рабочей зоны составляет 1,1-10 мг/м³, для нефти ПДК равно 300 мг/м³.

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

– Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися.

В летнее время года работающие на открытом воздухе должны быть обеспечены за счет предприятия СИЗ от гнуса и энцефалитного клеща. [54]

4.4 Экологическая безопасность

Безопасность окружающей среды при эксплуатации РВС должна обеспечиваться отсутствием неконтролируемых утечек нефти. В процессе налива, хранения и опорожнения резервуара должны быть исключены негативные воздействия на окружающую среду.

Защита атмосферы

При хранении нефтепродуктов в резервуаре образовывается газоздушная смесь, которая через дыхательные клапаны выходит в атмосферу, это называется «большие дыхания» резервуара.

Уменьшение газового пространства, это один из наиболее эффективных методов борьбы с потерями от испарения и выбросом в окружающую среду.

Немаловажным фактором является в целом состояние резервуара. Наличие коррозии и различных видов дефектов также приводит к большим потерям и выбросам.

Резервуары и прилегающую территорию содержат в чистоте, и оборудуют средствами пожаротушения и молниеотводами.

Защита гидросферы

Значительное отрицательное воздействие на гидросферу оказывают разливы нефти, которые могут быть связаны с несоблюдением норм технической безопасности, а также в связи со стихийными бедствиями.

При попадании нефти в водоемы на поверхности воды образуется пленка, препятствующая воздушному обмену, вследствие чего приносит значительный ущерб живущим организмам.

Методы локализации разливов нефтепродуктов:

- Термический
- Механический
- Биологический
- Физико-химический

Основным методом считается механический. Большая эффективность этого метода достигается в начале разлива, когда толщина нефтяного слоя остается большой.

Термический метод основан на выжигании слоя нефти.

Физико-химический использование диспергентов и сорбентов. Сорбенты при соприкосновении с нефтью впитывают её, образуя комья до максимума насыщенного нефтью.

Биологический применяется после физико-химического и механического метода, когда толщина слоя не менее 0,1 мм. В основе лежит окисление углеводорода или биохимических препаратов.

Защита литосферы

Загрязнение почв нефтью приводит к значительному экологическому и экономическому ущербу: понижается продуктивность лесных ресурсов, ухудшается санитарное состояние окружающей среды.

Земельные участки, отведенные в постоянное пользование, благоустраиваются с использованием предварительно снятого почвенно-растительного слоя. Земли, передаваемые во временное пользование, подлежат восстановлению (рекультивации). Земельные участки приводятся в

пригодное для использования по назначению состояние в ходе работ, а при невозможности этого не позднее, чем в течение года после завершения работ.

Строительные работы в связи с требованиями лесного хозяйства обязаны:

- обеспечить минимальное повреждение почв, травянистой и моховой растительности;
- произвести очистку лесосек и ликвидировать порубочные остатки;
- не допускать повреждения корневых систем и стволов опушечных деревьев.

4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.5.1 Пожарная и взрывная безопасность

Резервуарный парк относится:

- к категории «А» по взрыво- и пожароопасности;
- к классу взрывоопасности «В-1а»;
- к категории молниезащиты «П».

С целью обеспечения взрыво-пожаро безопасности в резервуарных парках для паров углеводородов установлена предельно-допустимая взрывобезопасная концентрация ПДВК= 2100мг/м³. [37]

Предлагаемые методы устранения причин взрывов и пожаров в резервуарном парке.

Организационные меры:

- выполнение требований ППР и наряда – допуска;
- обучение и разработку планов эвакуации людей в случае пожара;

Технические меры:

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

– обеспечение на месте проведения огневых работ пожарного хода
[49]

4.5.2 Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях.

Для данного района характерны чрезвычайные ситуации природного характера: паводковые наводнения; лесные и торфяные пожары; ураганы; сильные морозы (ниже -40°С); метели и снежные заносы и антропогенного характера: пожары; взрывы паровоздушных смесей; отключение электроэнергии, возможные отказы и неисправности на объектах ЛПДС.

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.;

– мероприятия по молниезащите;

– создание системы мониторинга опасных природных процессов и оповещения о ЧС природного характера;

– оповещение населения об опасности, его информировании о порядке действий в сложившихся чрезвычайных условиях;

– инженерную защиту населения и территорий;

– соблюдения обслуживающим персоналом правил эксплуатации оборудования; [45]

Выводы к разделу:

Данная глава посвящена анализу вредных и опасных факторов труда работников резервуара вертикального стального РВС 10 000м³. В ходе проделанной работы были оценены вредные и опасные факторы, влияющие на состояние персонала. Также рассмотрены вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды и даны рекомендации по созданию оптимальных условий труда. Выполнение всех требований мер безопасности, а также мер по предупреждению опасных воздействий, будет помогать избегать влияния вредных и опасных факторов на персонал и экологию. Помимо этого, приведены особенности законодательного регулирования проектных решений, а также меры по защите населения и территории предприятия от чрезвычайных ситуаций.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Е5А	Шермунинов А.А.

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 Нефтегазовое дело

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Распределение сметной стоимости объема капитальных вложений
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Распределение эксплуатационных расходов направленные на содержание и эксплуатацию магистральных нефтепроводов и всех сооружений, предназначенных для транспорта и хранения нефти
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Действующая система налогообложения

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Сравнительный анализ эффективности с другими режимами работы
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование работ, разработка диаграммы Ганта, формирование бюджета затрат.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель ресурсоэффективности – 3,95 Интегральный показатель эффективности – 4,384 Сравнительная эффективность проекта – 1,086

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности НТИ
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НТИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е5А	Шермунинов Азизжон Авазович		

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время, более 70% эксплуатирующего оборудования выработало свой ресурс (срок эксплуатации 30-35 лет). Известно, что аварии и отказы происходят в начальный период эксплуатации из-за дефектов монтажа, затем следует период безаварийной работы, а после 15-20 лет эксплуатации количество отказов, аварийных ситуаций резко возрастает, вследствие накопления повреждений, возникших при эксплуатации

Одним из наиболее опасных объектов были и остаются различные виды резервуаров. В системе трубопроводного транспорта, например, более 3000 РВС находятся в эксплуатации более 50 лет, свыше 1000 РВС – от 40 до 50 лет. Экономически выгодная эксплуатация резервуара не может быть обеспечена без должного наблюдения за техническим состоянием и своевременным устранением неполадок. Нарушение прочности и герметичности в резервуарах в большинстве случаев вызывается совокупностью различных неблагоприятных воздействий на конструкции. Элементы резервуара в эксплуатационных условиях испытывают значительные быстроменяющиеся температурные режимы, повышение давления, вакуум, вибрацию, неравномерные осадки и коррозию.

Практически каждый из резервуаров представляет собой объект повышенной опасности для персонала предприятия, населения, соседних сооружений и окружающей среды. Также можно отметить, что резервуары, как и любой технический объект, имеют свой ресурс и каждое предприятие стремится повысить экономическую эффективность производства товаров или услуги с наименьшими издержками, что означает отсутствие потерь в использовании ресурсов.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями проводимого исследования являются резервуарные парки для временного хранения нефти и нефтепродуктов в системе добычи, транспорта, переработки нефти и распределения нефтепродуктов. Так как в данном случае потребители относятся к коммерческой категории, то критерием сегментирования является размер предприятия.

Таблица 5.1 – Карта сегментирования рынка услуг способов сокращения потерь нефти от испарения

		Способ сокращения потерь нефти от испарения		
		Окраска резервуара	Оснащение резервуара понтоном	Система УЛФ
Размер компании	Крупные	+	+	+
	Средние	+	+	
	Мелкие	+		

Окраска резервуара является необходимой мерой и является достаточно экономным способом. Помимо сокращения потерь окраска резервуара краской светлых тонов позволяет снизить коррозию стенок и крыш резервуаров.

5.2 Анализ конкурентных технических решений

Рынки пребывают в постоянном движении. Следовательно, необходим детальный анализ конкурирующих разработок. Изучение уже существующих на рынке. Цель анализа: внесение коррективов в научное исследование, успешное противостояние своим соперникам. Не допускается недооценка разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, проводимый с использованием

оценочной карты, позволяет выполнить оценку эффективности научной разработки и определить пути ее улучшения.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентно – технических решений

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
<i>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</i>							
1. Повышение сокращения потерь	0,12	4	5	3	0,6	0,36	0,24
2. Удобство в эксплуатации	0,02	4	5	4	0,1	0,06	0,08
3. Устойчивость к атмосферным осадкам	0,03	5	5	4	0,12	0,06	0,12
4. Энергоэкономичность	0,06	5	3	3	0,18	0,24	0,24
5. Надежность	0,08	5	4	3	0,4	0,24	0,32
6. Защита от коррозии	0,02	5	4	2	0,08	0,1	0,1
7. Безопасность	0,15	5	4	3	0,75	0,45	0,45
8. Простота эксплуатации	0,08	4	5	4	0,32	0,16	0,4
9. Долговечность	0,04	4	5	3	0,2	0,04	0,04
<i>Экономические критерии оценки эффективности</i>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	5	4	4	0,32	0,32	0,16
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	5	4	3	0,06	0,08	0,1
3. Цена	0,05	5	4	2	0,1	0,15	0,2
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	3	5	4	0,2	0,12	0,16
5. Послепродажное обслуживание	0,04	5	4	4	0,2	0,16	0,16
6. Финансирование научной разработки	0,06	4	4	2	0,24	0,24	0,12
7. Срок выхода на рынок	0,05	5	4	4	0,15	0,2	0,2
8. Наличие сертификации разработки	0,06	5	5	5	0,24	0,3	0,3
Итого	1,00	77	73	59	4,26	4,01	3,49

Б_о – Окраска резервуара;

Б_п – Оснащение резервуара понтоном;

Б_у – Система улавливания легких фракций.

$$K_1 = \frac{77}{73} = 1,054 \quad (5.1)$$

По таблице 5.2 видно, что наиболее эффективно, в соотношении затраты – эффективность, следует использовать окраску резервуара красками светлых тонов, так же является наиболее конкурентоспособным другому виду снижения испарений, так как обладает рядом преимуществ, например,

удобство в эксплуатации, а также минимальное количество подвижных частей, что обеспечивает долговечность работы резервуара.

5.3 SWOT-анализ

SWOT – анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта была отчетливая картина, состоящая из систематизированной информации и данных, а также появилось знание внешних сил, в условиях которых научно– исследовательский проект будет реализовываться.

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

Результаты первого этапа SWOT – анализа:

1. Сильные стороны проекта:

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

2. Слабые стороны проекта:

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

3. Возможности:

- Повышение эффективности работы предприятия за счет модернизации.
- Сокращение расходов.
- Качественное обслуживание потребителей.
- Сокращение времени простоев.

4. Угрозы проекта:

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

Ко второму этапу можно перейти так как сформулированы четыре области SWOT. Необходимости проведения или сохранения стратегических изменений должна помочь Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 5.3, таблице 5.4, таблице 5.5, таблице 5.6.

Таблица 5.3 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	–	0
	B2	–	–	+	–
	B3	–	0	–	0
	B4	+	–	0	+

Проведя анализ этой интерактивной матрицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C1C2, B2C3, B4C1C4.

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	+	–
	B2	–	0
	B3	–	–
	B4	+	–

Проведя анализ этой интерактивной матрицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: B1Сл1, B4Сл1.

Таблица 5.5 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	+	+	–	0
	У2	–	–	–	–
	У3	+	+	0	0

Проведя анализ этой интерактивной матрицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1У3С1С2.

Таблица 5.6 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	У1	+	–
	У2	–	0
	У3	–	–

Таблица 5.7 – Матрица SWOT

		Сильные стороны:	Слабые стороны:
/		С1. Высокая экономичность и энергоэффективность техно-логии. С2. Экономичность техноло-гии. С3. Повышение безопасности производства. С4. Уменьшение затрат на ремонт оборудования.	Сл1. Трудность внедрения функции. Сл2. Отсутствие на пре-дприятии собственного спе-циалиста, способного про-извести внедрение функ-ции.
Возможности	В1. Повышение эффективно-сти работы предприятия за счет модернизации. В2. Сокращение расходов. В3. Качественное обслужи-вание потребителей. В4. Сокращение времени простоев.	– Достижение повышения производительности агрегатов. – Исключение поломок оборудования в результате сбоя в электроснабжении. – Своевременная поставка нефти потребителям.	1. Поиск заинтересованных лиц 2. Разработка научного ис-следования 3. Принятие на работу ква-лифицированного специ-алиста. 4. Переподготовка име-ющихся специалистов
	У1. Отсутствие спроса на новые производства. У2. Снижение бюджета на разработку. У3. Высокая конкуренция в данной.	1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. 2. Доработка проекта 3. Сложность реализации про-екта.	1. Приобретение необходи-мого оборудования опыт-ного испытания 2. Остановка проекта. 3. Проведения других про-ектов

Проведя анализ этой интерактивной матрицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1Сл1. Составили итоговую матрицу SWOT – анализа (таблица 5.6).

5.4 Планирование научно-исследовательской работы

Порядок планирования комплекса предполагаемых работ:

- планирование структуры выполняемых работ в рамках исследования;
- назначение участников, выполняемых работы;
- расчет длительности выполняемых работ;
- построение графика выполнения научных изысканий.

Ориентировочный план этапов и работ и назначение участников по видам работ приведен в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

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

Расчет трудоемкости выполняемых работ

При определении, ожидаемого значения трудоемкости $t_{ож}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (5.1)$$

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

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из рассчитанного значения ожидаемой трудоемкости работ, находится длительность каждой работы в рабочих днях T_p , с учетом выполнения работ параллельно несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i} \quad (5.2)$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость исполнения одной работы, чел.-дн.;

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

Построение графика выполнения научных изысканий

Для успешного построения графика, продолжительность рабочих дней необходимо перевести в календарные дни. Для этого применяют следующую формулу:

$$T_{ki} = T_{pi} * K_{кал} \quad (5.3)$$

где T_{ki} – длительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – длительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$K_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности находится по формуле, приведенной ниже:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} \quad (5.4)$$

где $T_{кал} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых} = 66$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр} = 15$ – количество праздничных дней в году.

Найденные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляют до целого числа.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 66 - 15} = 1,28$$

Все найденные значения сводим в таблицу (табл. 5.9)

Таблица 5.9 – Временные показатели выполнения исследования

Вид работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Продолжительность работ в рабочих днях T_{pi}	Продолжительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{\min} , чел – дни	t_{\max} , чел – дни	$t_{\text{ож}}$ чел – дни			
Календарное планирование работ по теме	3	6	4,2	Руководитель Исполнитель	2	3
Составление и утверждение тех. задания	1	3	1,8	Руководитель	2	3
Подбор и изучение материалов по теме	10	15	12	Исполнитель	12	16
Согласование материалов по теме	5	8	6,2	Руководитель	6	8
Проведение теоретических расчетов и обоснование	6	18	10	Исполнитель	10	13
Выполнение работ	3	12	6,6	Исполнитель	7	9
Оценка результатов исследования	3	5	3,8	Руководитель Исполнитель	2	3
Составление пояснительной записки	7	16	11,4	Руководитель Исполнитель	6	8

На основе таблицы 5.9 построим график, представленный в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – План график

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki} кал. дн.	Длительность выполнения работ										
				май			июнь			июль				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение тех. задания	Рук.	4											
2	Подбор и изучение материалов по теме	Исп.	15											

3	Согласование материалов по теме	Исп.	7										
4	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Рук., Исп	8										
5	Выполнение работ	Исп.	18										
6	Оценка результатов исследования	Рук., Исп	20										
7	Составление пояснительной записки	Рук., Исп	10										

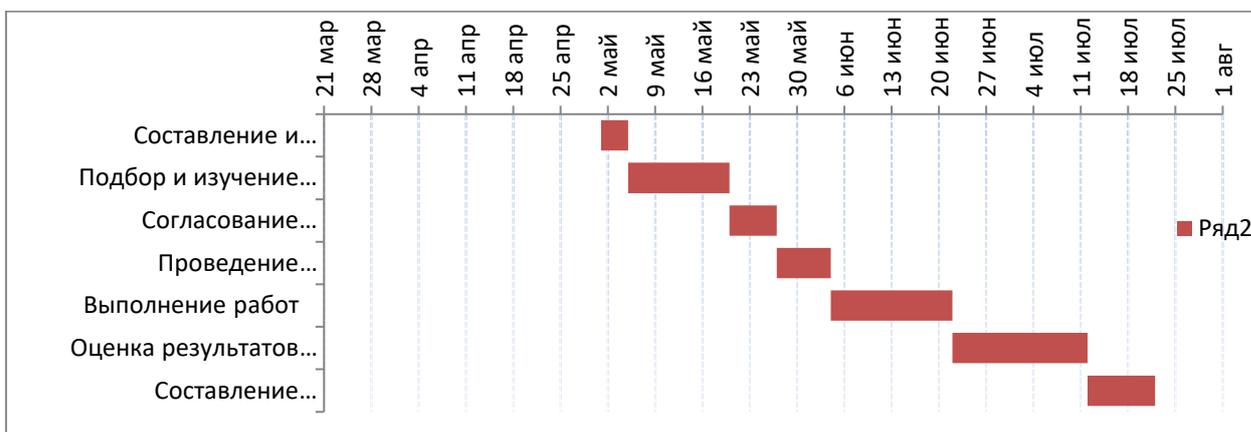


Рисунок 5.1 – Диаграмма Ганта

Значения в календарных днях, рассчитанные по каждому пункту, мы округлили до целого значения и так же занесли в таблицу 5.10. Так же согласно полученных значений была построена диаграмма Ганта рисунок 5.1.

5.5 Бюджет научно–технического исследования

Планирование бюджета позволяет оценить затраты на проведение исследования до его фактического начала и позволяет судить об экономической эффективности работы. В данном разделе подсчитываются следующие статьи расходов:

- материальные затраты;
- заработная плата исполнителей;
- амортизационные отчисления;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

5.5.1 Расчет материальных затрат

Материальные затраты включают в себя затраты на изготовление опытных образцов. Все необходимое спецоборудование, материалы представлены в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Смета материальных затрат

Наименование	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Абразив, т	0,8	0,1	0,1	13 000	10 400	1 300	1 300
Грунт, т	0,75	0,1	0,3	48 000	36 000	4 800	14 400
Краска, т	0,75	0,1	0,3	55 000	41 250	5 500	16 500
Растворитель, т	0,1	0,01	0,05	39 000	3 900	390	1 950
Металлопрокат, т		10	100	80 000	0	800 000	8 000 000
Электроды, т		0,01	1	100 000	0	1 000	100 000
Итого:					91 550	812 990	8 134 150

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Посчитаем общие затраты, связанные с приобретением специального оборудования, для выполнения работ.

Таблица 5.12 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Оборудование для выполнение работ на высоте	1	1	2	115 000	115 000	115 000	230 000
Компрессорное оборудование	1	1	1	1 000 000	1 000 000	1 000 000	1 000 000
Оборудование для подготовительных работ	1	1	1	350 000	350 000	350 000	350 000
Оборудование для напыления лакокрасочных материалов	1	1	1	350 000	350 000	350 000	350 000
Сварочное оборудование		1	1	245 000		245 000	490 000
Шлифовальное оборудование		1	2	100 000		100 000	200 000
Кран		1	2	1 000 000	0	1 000 000	1 000 000

Итого:	1 815 000	3 160 000	3 620 000
--------	-----------	-----------	-----------

5.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата зависит от трудоемкости работы, величины оклада, тарифных ставок. Учитывается и премия (20 – 30% от тарифа, оклада).

Таблица 5.13 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.–дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.–дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.1	Исп.1		Исп.1	Исп.1	Исп.1
1	Календарное планирование работ по теме	Рук. Исп.	2	3	2	1,16	2,32	3,48	2,32
2	Составление и утверждение тех. задания		7	9	8	0,93	6,51	8,37	7,44
3	Подбор и изучение материалов по теме	Рук.	2	2	2	0,93	1,86	1,86	1,86
4	Согласование материалов по теме	Исп.	12	12	12	0,23	2,76	2,76	2,76
5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Рук.	8	9	9	0,23	1,84	2,07	2,07
6	Выполнение монтажных работ	Исп.	6	9	8	0,23	1,38	2,07	1,84
7	Оценка результатов исследования	Рук. Исп.	4	5	6	1,16	4,64	5,8	6,96
Итого:							21,31	26,41	25,25

Таблица 5.14 – Баланс годового рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	81	81
– выходные дни	66	66
– праздничные дни	15	15
Потери рабочего времени	61	61
– отпуск	51	51
– невыходы по болезни	10	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p \quad (5.5)$$

$Z_{тс}$ – з/п по тарифной ставке, руб.;

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,3

k_p – районный коэффициент, равный 1,5;

Z_m – месячный оклад работника, руб.;

$Z_{дн}$ – среднедневная з/п работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (т.

5.10);

$Z_{осн}$ – основная з/п одного работника.

Таблица 5.15 – Расчет основной заработной платы Исп.1

	$Z_{тс}$, руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	69 165	30	20	50	155 621	4 710,68	18	84 792,24
Исполнитель	48 398	30	20	50	108 896	3 296,31	39	128 556,14
Итого:								213 348,38

Таблица 5.16 – Расчет основной заработной платы Исп.2

	$Z_{тс}$, руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	69 165	30	20	50	155 621	4 710,68	25	117 767
Исполнитель	48 398	30	20	50	108 896	3 296,31	45	148 334,01
Итого:								266 101,01

Таблица 5.17 – Расчет основной заработной платы Исп.3

	$Z_{тс}$, руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	69 165	30	20	50	155 621	4 710,68	30	141 320,4
Исполнитель	48 398	30	20	50	108 896	3 296,31	51	168 111,88
Итого:								309 432,28

5.5.3 Расчёт амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 5 месяцев. Для моделирования и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 30000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет [19]

Норма амортизации H_A рассчитывается как [20]:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\% , \quad (5.6)$$

где T – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации H_A :

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\% . \quad (5.7)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{год} = 30000 \cdot 0,33 = 9900 \text{ руб.} \quad (5.8)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{мес} = \frac{9900}{12} = 825 \text{ руб.} \quad (5.9)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 825 \cdot 5 = 4125 \text{ руб.} \quad (5.9)$$

5.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

ТК РФ предусматривает гарантированные выплаты для работников за работу условия которой отклоняются от нормальных условий труда.

Рассчитаем их по формуле:

$$З_{доп} = K_{доп} * З_{осн} \quad (5.10)$$

где $K_{доп}$ – коэффициент дополнительной з/п (принимаем = 0,12 – 0,15).

Таблица 5.18 – Расчет дополнительной заработной платы Исп.1

Исполнитель	К _{доп}	З _{осн} , руб	З _{доп} , руб
Руководитель	0,15	84 792,24	12 718,836
Исполнитель	0,15	128 556,14	19 283,421
Итого:		213 348,38	32 002,257

Таблица 5.19 – Расчет дополнительной заработной платы Исп.2

Исполнитель	К _{доп}	З _{осн} , руб	З _{доп} , руб
Руководитель	0,15	117 767	17 665,05
Исполнитель	0,15	148 334,01	12 250,1
Итого:		266 101,01	39 915,15

Таблица 5.20 – Расчет дополнительной заработной платы Исп.3

Исполнитель	К _{доп}	З _{осн} , руб	З _{доп} , руб
Руководитель	0,15	141 320,4	21 198,06
Исполнитель	0,15	168 111,88	25 216,78
Итого:		309 432,28	46 414,84

5.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Законодательство РФ предписывает отчисления в пенсионный фонд, по обязательному медицинскому страхованию, государственному социальному страхованию.

Рассчитаем размер отчислений по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (5.11)$$

где $K_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды ($K_{\text{внеб}} = 0,302$ (30,2%)).

Таблица 5.21 – Отчисления во внебюджетные фонды Исп.1

Исполнитель	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	З _{осн} , руб	З _{доп} , руб	З _{внеб} , руб
Руководитель	30,2	84 792,24	12 718,836	29 448,34

Исполнитель	30,2	128 556,14	19 283,421	44 647,55
Итого:				74 095,89

Таблица 5.22 – Отчисления во внебюджетные фонды Исп.2

Исполнитель	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	З _{осн} , руб	З _{доп} , руб	З _{внеб} , руб
Руководитель	30,2	117 767	17 665,05	40 900,48
Исполнитель	30,2	148 334,01	12 250,1	48 496,40
Итого:				89 396,88

Таблица 5.23 – Отчисления во внебюджетные фонды Исп.3

Исполнитель	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	З _{осн} , руб	З _{доп} , руб	З _{внеб} , руб
Руководитель	30,2	141 320,4	21 198,06	49 080,57
Исполнитель	30,2	168 111,88	25 216,78	58 385,26
Итого:				107 465,83

Накладные расходы

Прочие расходы относим к накладным расходам (коммунальные услуги, техническо-организационные затраты, услуги связи).

Рассчитаем их по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) * K_{\text{нр}} \quad (5.12)$$

где $K_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}1} = (91550 + 1815000 + 213348,38 + 4125 + 32002,257 + 73605,19) * 0,16 = 356819,44 \text{руб.}$$

$$Z_{\text{накл}2} = (812990 + 3160000 + 266101,01 + 4125 + 39915,15 + 91804,85) * 0,16 = 699604,41 \text{руб.}$$

$$Z_{\text{накл}3} = (8134150 + 3620000 + 309432,28 + 4125 + 46414,84 + 106754,1) * 0,16 = 1955454,07 \text{руб.}$$

Формирование бюджета затрат научно–исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно–исследовательский проект отражен в таблице.

Таблица 5.24 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	91 550	812 990	8 134 150	Пункт 5.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	1 815 000	3 160 000	3 620 000	Пункт 5.5.1
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	213 348,38	266 101,01	309 432,28	Пункт 5.5.2
4. Затраты на амортизацию	4 125	4 125	4 125	Пункт 5.5.3
5. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	32 002,257	39 915,15	46 414,84	Пункт 5.5.4
6. Отчисления во внебюджетные фонды	73 605,19	91 804,85	106 754,1	Пункт 5.5.5
7. Накладные расходы	356 819,44	699 604,41	1 955 454,07	16 % от суммь ст. 1–6
8. Бюджет затрат НИИ	2 586 450,3	5 074 540,4	14 176 330,3	Сумма ст. 1–7

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

Рассчитаем интегральный финансовый показатель разработки по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{ипси}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (5.13)$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Для 1-го варианта исполнения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{ипси}} = \frac{2586450,3}{14176330,3} = 0,1824$$

Для 2-го варианта исполнения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{ипси}} = \frac{5074540,4}{14176330,3} = 0,358$$

Для 1-го варианта исполнения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{ипси}} = \frac{14176330,3}{14176330,3} = 1$$

Больше 1 – затраты увеличиваются в разгах

От 0 до 1 – затраты удешевляются.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов отражается в следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i \quad (5.14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности отражен в таблице 5.25.

Таблица 5.25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	2	3
3. Помехоустойчивость	0,15	5	3	3
4. Энергосбережение	0,2	4	3	3
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4	4
ИТОГО	1	3,94	3,15	3,5

$$I_{p-исп1} = 5 * 0,1 + 4 * 0,15 + 5 * 0,15 + 4 * 0,2 + 4 * 0,25 + 5 * 0,05 + 4 * 0,01 = 3,94;$$

$$I_{p-исп2} = 3 * 0,1 + 2 * 0,15 + 3 * 0,15 + 3 * 0,2 + 4 * 0,25 + 2 * 0,05 + 4 * 0,1 = 3,15;$$

$$I_{p-исп3} = 4 * 0,1 + 3 * 0,15 + 3 * 0,15 + 3 * 0,2 + 4 * 0,25 + 4 * 0,05 + 4 * 0,1 = 3,5.$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}} = 3,94/0,1824 = 21,595$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} = 3,15/0,358 = 8,8$$

$$I_{исп.3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр.3}} = 3,5/1 = 3,5$$

Выбираем наиболее целесообразный вариант из предложенных.

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (5.15)$$

Таблица 5.26 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,1824	0,358	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,94	3,15	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	21,595	8,8	3,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	2,45	2,51	1

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта.

Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В данном разделе оценены экономические аспекты исследуемого резервуара:

1. Выявлены потенциальные потребители результатов исследования. Разработка может быть применена на больших предприятиях (см. подраздел 5.1).

2. Проведён анализ конкурентных технических решений. Разрабатываемая система на текущем этапе уступает конкурентам по удобству использования (см. подраздел 5.2), однако выигрывает за счёт применения восстановления толщины стенок резервуара.

3. В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: рост спроса; повышенные требования к безопасности; оптимизация затрат на предприятии. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены в подразделе 5.3.

4. Подсчёт затрат на разработку позволяет заключить, что основной статьёй расходов в научно-исследовательской работе является заработная плата:

исполнителей 1 основная – 213 348,38 руб., дополнительная – 32 002,257руб.;

исполнителей 2 основная – 266 101,01 руб., дополнительная – 39 915,15руб.;

исполнителей 3 основная – 309 432,28 руб., дополнительная – 46 414,84руб..

На втором месте материальные затраты:

–исполнителей 1 – 91 550руб.;

–исполнителей 2 – 812 990руб.;

–исполнителей 3 – 8 134 150руб.;

Затем идут накладные расходы:

–исполнителей 1 – 356 819,44руб.

–исполнителей 2 – 699 604,41руб.

–исполнителей 3 – 1 955 454,07руб.

Затем идут страховые взносы:

–исполнителей 1 – 74 095,89руб.;

–исполнителей 2 – 89 396,88руб.;

–исполнителей 3 – 107 465,83руб.;

Меньше всего средств уходит на амортизацию оборудования – 4125руб.

5. В подразделе 5.6 оценена экономическая эффективность разработки.

Все, вышеперечисленные технико-экономические показатели проекта, позволяют сделать вывод о том, что данная конструкция резервуара экономически выгодна.

Заключение

В ходе выполнения работы проведен анализ возможных дефектов конструкций РВС, проведена оценка остаточной прочности и ресурса модельного РВС 10 000 по результатам толщинометрии.

Анализ дефектов показал, что монтажные и эксплуатационные дефекты могут одинаково негативно влиять на надежность конструкции и ресурс РВС.

Расчет остаточной прочности и долговечности с учетом выявленных дефектов показал, что модельный РВС 10 000 обладает достаточными запасом прочности и остаточным ресурсом. При этом, полученное значение остаточного ресурса в 66,92 года необходимо уточнять в соответствии с регламентом обследований, поскольку это значение получено в рамках гипотезы линейного развития дефектов с течением времени, что часто не выполняется при фактической эксплуатации.

Несмотря на достаточный запас прочности и усталостной долговечности запас устойчивости для верхних поясов резервуара практически отсутствует (1 и 2 процента соответственно). В связи с этим рекомендуется запланировать на ближайшее время работы по усилению указанных поясов. При этом следует учесть увеличение нагрузки на нижние пояса РВС-10000.

Список использованных источников

1. Дорошенко Ф.Е. Промышленное и гражданское строительство. - 2006. - № 6. - С. 28-35.
2. Афонская Г.П. Влияние дефектов на несущую способность резервуаров— 155 - 174с.
3. Галеев В.Б. Эксплуатация стальных вертикальных резервуаров в сложных условиях - 149 - 158 с.
4. Кондрашова О. Г., Назарова М. Н. Причинно-следственный анализ аварий вертикальных стальных резервуаров //Нефтегазовое дело. –2004. – №. 2. – С. 21-29.
5. Самигуллин Г. Х., Герасименко А. А. К вопросу о методике расчета остаточного ресурса резервуаров с трещиноподобными дефектами //«Электронный научный журнал» Нефтегазовое дело. – 2013. – №. 3. – С. 263-272.
6. Ханухов Х. М. и др. Техническое диагностирование и анализ безопасности эксплуатации резервуаров вертикальных стальных для нефти и нефтепродуктов. – 2013.
7. ПБ 03-605-03 Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов, М. 2003 – 34 с.
8. РМГ 116— 2011 Государственная система обеспечения единства измерений резервуаров магистральных нефтепроводов и нефтебаз.
9. ГОСТ Р 52910 - 2008 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. - 45с.
10. ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования»
11. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.
12. ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
13. ГОСТ 9.401-91 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрyтия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов.

14. ГОСТ 5272-68 Коррозия металлов. Термины.
15. Кандаков Г.П. Проблемы отечественного резервуаростроения и возможные пути их решения. -№ 5. -26 - 45 с.
16. Кандаков Г.П. Анализ причин аварий вертикальных цилиндрических резервуаров. - №5 8с.
17. Морозов Е.М. Расчет на прочность при наличии трещин. Прочность материалов конструкций. - 319-334 с.
18. Мынбаева Г.У. Анализ формирования отказов резервуаров нефтехранилищ- №1. - 18-22с.
19. Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту. – 19 – 24с.
20. Резервуары для нефти и нефтепродуктов: том 1. Конструкция и оборудование: учебник для вузов, 2010. – 268 - 276с.
21. Резервуары вертикальные стальные сварные для нефти и нефтепродуктов. Техническое диагностирование и анализ безопасности: (Методические указания). – 156с.
22. Мансурова С.М., Тляшева Р.Р., Ивакин А.В., Шайзаков Г.А., Байрамгулов А.С. Оценка напряженно-деформированного состояния стального цилиндрического резервуара с учетом эксплуатационных нагрузок.
23. Хоперский Г.Г, Прокофьев В.В. Методы ремонта элементов конструкций стальных вертикальных цилиндрических резервуаров после длительной эксплуатации.
24. РД-16.01-60.30.00-КТН-062-1-05 «Руководство по ремонту железобетонных и стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000куб. м»
25. Розенштейн И.М. Аварии и надежность стальных резервуаров. – 255с
26. Фалькевич А. С, Анучкин М. П. Прочность и ремонт сварных резервуаров и трубопроводов. – 28 – 46с.
27. Фалькевич А. С. Сварка нефтепроводов и резервуаров. – 51 – 65с.

28. Глазков В.И. Защита трубопроводов и резервуаров от коррозии. – 16 – 23с.
29. Кнунянц И.Л. Краткая химическая энциклопедия. – 85 – 89с.
30. Рогожин М.Ю. Правила пожарной безопасности в РФ.
31. Василькин А. А., Рахмонов Э. К. Системотехника оптимального проектирования элементов строительных конструкций //Инженерный вестник Дона. – 2013. – №. 4.
32. Тарасенко А. А., Чепур П. В., Чирков С. В. Исследование изменения напряженно-деформированного состояния вертикального стального резервуара при развитии неравномерной осадки наружного контура днища //Фундаментальные исследования. – 2013. – №. 10-15.
33. Электронный ресурс . – Электрон. Дан. – [б.м, б.д]. – https://sarrz.ru/produkcija/rezervuary_vertikalnye_rvs/rvs_10000_m3.html
34. РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04 Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 м³