

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»
Отделение нефтегазового дела
БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Математический анализ возможности продления срока службы безопасной эксплуатации резервуара вертикального стального

УДК: 622.692.23-025.71-034.14:519.876

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Е	Антер Зид Али Али Хассен		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Манабаев Кайрат Камитович	к.ф – м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимова Татьяна Борисовна	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
Доцент	Брусник Олег Владимирович	к.пед.н.		

Томск – 2020 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями		
Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»		
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-6, УК-7, ОПК-1, ОПК-2), (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).
P2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).
в области производственно-технологической деятельности		
P3	Применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования нефтегазовых объектов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11).
P4	Оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов в практической деятельности и применять принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15).
в области организационно-управленческой деятельности		
P5	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, используя принципы менеджмента и управления персоналом и обеспечивая корпоративные интересы	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, УК-8, ОПК-3, ОПК-7, ПК-16, ПК-17, ПК-18), (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d).

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P6	Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазопромыслового оборудования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, , ПК-19, ПК20, ПК-21, ПК-22).
в области экспериментально-исследовательской деятельности		
P7	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).
в области проектной деятельности		
P8	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30), (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е).
Модуль специализации «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»		
P9	Планировать и организовывать работу по проведению планово-предупредительных ремонтов установок, технического обслуживания и ремонта оборудования.	ОПК-5, ОПК-6, ПК-3, ПК-7, ПК-9, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-21, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования", 19.029 «Специалист по эксплуатации газораспределительных станций», 19.0015 «Специалист по эксплуатации оборудования подземных хранилищ газа»
P10	Планировать внедрение новой техники и передовых технологий, разрабатывать и реализовывать программы модернизации и технического перевооружения предприятия.	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-10, ПК-12, ПК-17, ПК-21, ПК-23, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования", 19.029

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
		«Специалист по эксплуатации газораспределительных станций», 19.0015 «Специалист по эксплуатации оборудования подземных хранилищ газа»
Р11	Организовывать проведение проверок технического состояния и экспертизы промышленной безопасности, проводить оценку эксплуатационной надежности технологического оборудования.	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-10, ПК-17, ПК-30, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования", 19.029 «Специалист по эксплуатации газораспределительных станций», 19.0015 «Специалист по эксплуатации оборудования подземных хранилищ газа»

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерная школа природных ресурсов
Отделение нефтегазового дела
Направление 21.03.01 Нефтегазовое дело
Профиль Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Брусник О.В.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Е	Антер Зид Али Али Хассен

Тема работы:

Математический анализ возможности продления срока службы безопасной эксплуатации резервуара вертикального стального	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 г. № 59-103/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2020 г.
------------------------------------------	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<i>Резервуар вертикальный стальной РВС 10000 м³</i> <i>Исходные данные:</i> <i>R = 14,25 м – радиус цилиндрического резервуара;</i> <i>R_{сф} = 45 м – радиус сферической крыши;</i> <i>p_{кр}^н = 0,45 кН/м² – нормативный вес крыши;</i> <i>n_б – 28 шт. количество главных балок.</i> <i>Отклонения от проектного радиуса сферической крыши до 60 мм.</i>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<i>Подобрать, изучить и систематизировать информацию из научно-технической и учебной литературы о конструкции резервуара вертикального стального РВС, трубопроводах к их конструкции. Построить 3Д модель РВС. Провести исследование напряженно-деформированного состояния сферической крыши резервуара при различных эксплуатационных дефектах. Построить математическую модель, отражающую возможность эксплуатации резервуара при наличии эксплуатационных дефектов.</i>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Доцент, к.э.н., Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Ассистент, Черемискина Мария Сергеевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2020 г.
-------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Манабаев К.К.	к.ф.-м.н.		03.12.2019 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Е	Антер Зид Али Али Хассен		03.12.2019 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Е	Антер Зид Али Али Хассен

Инженерная школа природных ресурсов		Отделение нефтегазового дела	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>1. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования. 2. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований. 3. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Бюджет научно – технического исследования (НТИ) 1. Структура работ в рамках научного исследования. 2. Определение трудоемкости выполнения работ.</i>

	<p>3. Разработка графика проведения научного исследования.</p> <p>4. Бюджет научно-технического исследования.</p> <p>5. Основная заработная плата исполнителей темы.</p> <p>6. Дополнительная заработная плата исполнителей темы.</p> <p>7. Отчисление во внебюджетные фонды.</p> <p>8. Накладные ресурсы.</p> <p>9. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.</p>
3. Ресурсоэффективность	<p>1. Определение интегрального показателя эффективности научного исследования.</p> <p>2. Расчет показателей ресурсоэффективности.</p>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
<p>1. Оценка конкурентоспособности технических решений.</p> <p>2. Матрица SWOT.</p> <p>3. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.</p> <p>4. Альтернативы проведения НИ.</p> <p>5. График проведения и бюджет НИ.</p>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.02.2020 г.
-------------------------------------------------------------	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимова Т.Б.	к.э.н.		10.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Е	Антер Зид Али Али Хассен		10.02.2020 г.

«Социальная ответственность»

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Е	Антер Зид Али Али Хассен

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

<p>Математический анализ возможности продления срока службы безопасной эксплуатации резервуара вертикального стального</p>	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p style="text-align: center;"><i>Объектом исследования является Резервуар вертикальный стальной 10000 м³. Расчет резервуара вертикального стального 10000 м³. Область применения нефтегазовая отрасль</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <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"> – Трудовой кодекс РФ: – ст. 92 ТК РФ, – ст. 94 ТК РФ, – ст. 117 ТК РФ, – ст. 147 ТК РФ. – Правила безопасности в газовом хозяйстве; – ПБ 12-529-83
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ul style="list-style-type: none"> – 1.1. К вредным факторам относятся: – Повышенный уровень шума на рабочем месте. – Недостаточная освещенность рабочей зоны, – Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны, – Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны, – Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися. – 1.2. К опасным факторам относятся:

	<ul style="list-style-type: none"> – Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные), – Электрический ток, электрическая дуга и металлические искры при сварке – Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением, – Пожарная безопасность.
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – Атмосфера: загрязнение почвы выбросами выхлопных объема газов от строительной техники при проведении подзольных работ; – Гидросфера: разлив нефти на воде и т. п. – Литосфера: загрязнение почвы хим. отдельными веществами и т. п.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – Возможные ЧС: пожар, взрывы, подземные толчки (землетрясения), ураганы и смерчи. – Наиболее типичная ЧС: пожар

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.02.2020 г.
-------------------------------------------------------------	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	ченая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		10.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Е	Антер Зид Али Али Хассен		10.02.2020 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа представлена расчетной пояснительной запиской, которая содержит 112 страниц текста, 34 рисунка, 28 таблиц, 26 литературных источников, 80 формул.

Ключевые слова: резервуар вертикальный стальной (РВС), напряженно-деформируемое состояние, расчет на прочность, отклонение от проектного радиуса, 3d модель, диагностика РВС, нефтепродукты.

Цель работы – математическое обоснование и проверка при помощи моделирования возможности продления срока службы вертикального стального резервуара.

В числе задач является подбор, изучение и систематизация учебной и научно-технической информации о конструкции резервуаров, требованиях, предъявляемых при проектировании, изготовлении и эксплуатации резервуаров, разработка математической модели влияния дефектов на срок службы РВС, построение 3Д модели РВС, исследование напряженно-деформируемого состояния сферической крышки резервуара при наличии эксплуатационных дефектов в конструкции резервуара.

В процессе исследования были выполнены следующие задачи:

1. были подобраны, изучены и систематизированы сведения о конструкции, требованиях к проектированию, изготовлению и эксплуатации РВС;
2. проведены расчеты зависимости прочности крышки резервуара от отклонения проектного радиуса сферической крышки;
3. построена 3Д модель РВС;
4. разработана математическая модель влияния дефектов на срок службы РВС.

Область применения: резервуарные парки предприятий нефтегазовой отрасли.

Определения, обозначения и сокращения

Резервуары – это наземные строительные сооружения, предназначенные для приема, накопления и выдачи темных и светлых нефтепродуктов и бензина.

Плавающая крыша – это конструкция, которая совмещает в себе свойства понтона и кровли.

Ультразвуковой контроль сварных соединений (УЗК)- это неразрушающий контроль качества сварных соединений, проводимый в рамках строительной экспертизы металлоконструкций зданий и сооружений

РВС – резервуар вертикальный стальной

РВСП – резервуар со стационарной крышей и понтоном

РВСПК – резервуар с плавающей крышей

РФ – Российская Федерация

ГОСТ – государственный стандарт

СТО – стандарт организации

РД – руководящий документ

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.004 – 88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

ГОСТ 2.105 – 95 ЕСКД. Основные требования к текстовым документам.

ПБ 03-605-03 «Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов» .

СНиП II-23-81 «Строительные нормы и правила».

СП 53-102-2004 Общие правила проектирования стальных конструкций.

СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия.

ПБ 03-605-03 «Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов».

ПБ 03-381-00 «Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов».

СНиП II-В.3-72 Стальные конструкции. Нормы проектирования.

СНиП II-И.9-62 Линии электропередачи напряжением выше 1 кв. Нормы проектирования.

СН 376-67 Указания по проектированию металлических конструкций антенных сооружений связи.

ГОСТ 31385-2016 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия.

РД 34.21.526-95 «Типовая инструкция по эксплуатации металлических резервуаров для хранения жидкого топлива и горячей воды. строительные конструкции»

СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту. М.: Минздрав России, 2003.

ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Трудовой кодекс Российской Федерации (по состоянию на 1 октября 2017 года). – Новосибирск: Норматика, 2017. – 208 с. – (Кодексы. Законы. Нормы).

СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

ГОСТ 12.1.046-85 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Строительство. Нормы освещения строительных площадок».

ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

ГОСТ 12.1.003 - 2014 «Шум. Общие требования безопасности».

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение».

ГОСТ 12.1.009-2009 «Электробезопасность. Термины и определения».

НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

ГОСТ 12.1.004.91 «Пожарная безопасность. Общие требования».

СНиП 2.01.02-85 «Противопожарные нормы».

Приказ Минздравсоцразвития РФ от 01.09.2010 № 777н "Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением".

ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

Оглавление	
ВВЕДЕНИЕ	17
1. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАЛЬНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ.....	18
1.1 Основные конструктивные элементы резервуаров	19
1.2 Конструкции основания и фундамента резервуара	21
1.3 Днище резервуара.....	24
1.4 Цилиндрическая стенка резервуара.....	26
1.5 Стационарная кровля	32
1.6 Понтон и плавающая крыша	35
1.7 Лестницы, площадки, ограждения, переходы.....	36
1.8 методики Анкерное крепление сварных стенки	39
1.9 Центральная стойка	39
2. Диагностика момент резервуара.....	40
2.1. Диагностика сварных швов ультразвуком	40
2.2. Диагностика химического состава, механических свойств металла	43
3. ПРАВИЛА ПРИНЯТИЯ РЕЗЕРВУАРОВ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ	44
4.ТРЕБОВАНИЯ К ИСПЫТАНИЯМ РЕЗЕРВУАРОВ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ	51
5. РАСЧЕТ СФЕРИЧЕСКОЙ КРОВЛИ РЕЗЕРВУАРА РВС-10000 м3. .	53
5.1 Определение нагрузки на главную балку	54
5.2 Определение реакций опор	55
5.3 Определение изгибающих моментов в поперечных сечениях главных балок	56
5.4 Расчет поперечной балки кровли.....	59
6. Расчет напряжение главных балок настила РВС 10000м3	65
6.1 Характеристика , Конструкция резервуара – 10000 м3	65
6.2. Построение 3Д модели РВС 10000м3.....	67
6.3. Расчёт НДС резервуара с использованием программы Solidworks.	69
6.3.1. Схема распределения напряжения по данной двутавровой балки	71
6.3.2. Схема перемещения	73

6.3.3. Схема изгибающего момента.....	73
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	75
7.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	76
7.2 . Анализ конкурентных технических решений с позиции	76
7.3. SWOT – анализ	78
7.4. Планирование работ	80
7.5. Определение ресурсоэффективности проекта	91
8. Социальная ответственность	95
8.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. 96	
8.1.1.Правовые вопросы обеспечения безопасности	96
8.1.2. Организационные вопросы обеспечения безопасности	97
8.1.3 Организационные мероприятия компоновки рабочей зоны	97
8.2. Планирование научно-исследовательской работы	98
8.3 Производственная безопасность.....	105
8.3.1. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	106
8.3.2. Превентивные меры	107
8.3.3. Действия при возникновении ЧС	108
8.3.3.1. Пожарная безопасность.....	108
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	110
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:	111

ВВЕДЕНИЕ

Резервуары вертикальные стальные являются самым распространенным и дешевым видом хранилищ, а также самым вместительным. Такие емкости могут вместить до 100 000 м³ и более жидкости. Это особенно актуально в последнее время, когда значительно увеличились объемы транспортировки нефти и нефтепродуктов по магистральным нефтепроводам. Использование резервуаров большого единичного объема позволяет значительно уменьшить площадь, занимаемую резервуаром, что особенно важно в местностях с дефицитом свободных земель, а так же в сложных геологических условиях. Также резервуарные парки дают возможность перевалки не только нефти, но и нефтепродуктов; повышенную экологическую надежность; защищенность резервуаров от террористического воздействия.

Из этого следует отметить, что надежность и эффективность вертикальных стальных резервуаров является итогом уникальных технологий сооружения и особенностей заложения фундамента в различных видах грунта и климата.

Резервуары выполняют большое количество важных функций, таких как:

- поддержание постоянного давления,
- распределение и учет нефти и нефтепродукта,
- отстой продукта и подготовка нефти (очистка, обессоливание нефти).

Для нормального функционирования резервуаров необходимо точно рассчитать все необходимые параметры (геометрические, конструктивные и пр.) и возможные отклонения этих параметров в процессе его эксплуатации, чтобы обеспечить безопасность резервуара в течение всего срока службы резервуара.

Таким образом, целью данной бакалаврской работы является: оценка влияния дефектов резервуара на срок эксплуатации и разработка математической модели влияния дефекта на срок службы РВС.

1 КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАЛЬНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ

Резервуары – это наземные строительные сооружения, предназначенные для приема, накопления и выдачи темных и светлых нефтепродуктов и бензина. в 17 веке в России появились Первые нефтяные резервуары с повышением добычи нефти в Баку. Именно тогда возникла необходимость в производстве более практичных и подходящих для хранения сырья емкостей. Первоначально нефть сберегалась в ямах, которые устроились в глинистых основах, подземельных каменных резервуарах. Вместимость таковых хранилищ не превосходил 50000 м^3 .

В 1935 г. в РФ первый сварной металлический резервуар был построен объемом 1000 м^3 . Емкость таких резервуаров, которые были построены в РФ, прибывает 50000 м^3 . Кроме того, производятся резервуары объемом 100000 м^3 .



Рисунок 1 - Вертикальные стальные резервуары РВС

1.1 Основные конструктивные элементы резервуаров

Основные конструктивные элементы резервуаров в соответствии с [1] подразделяются на группы (рисунок 1,2).

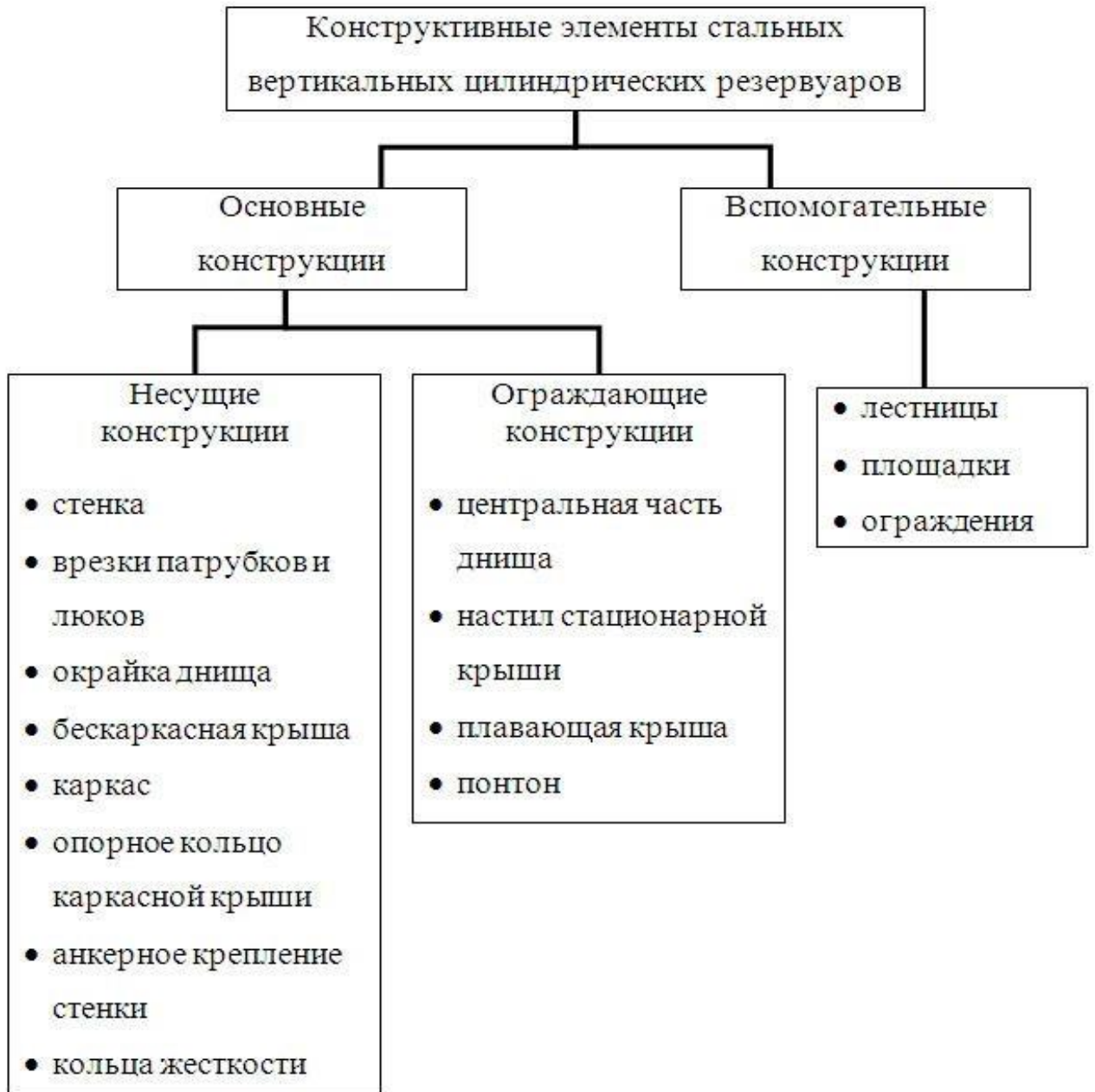
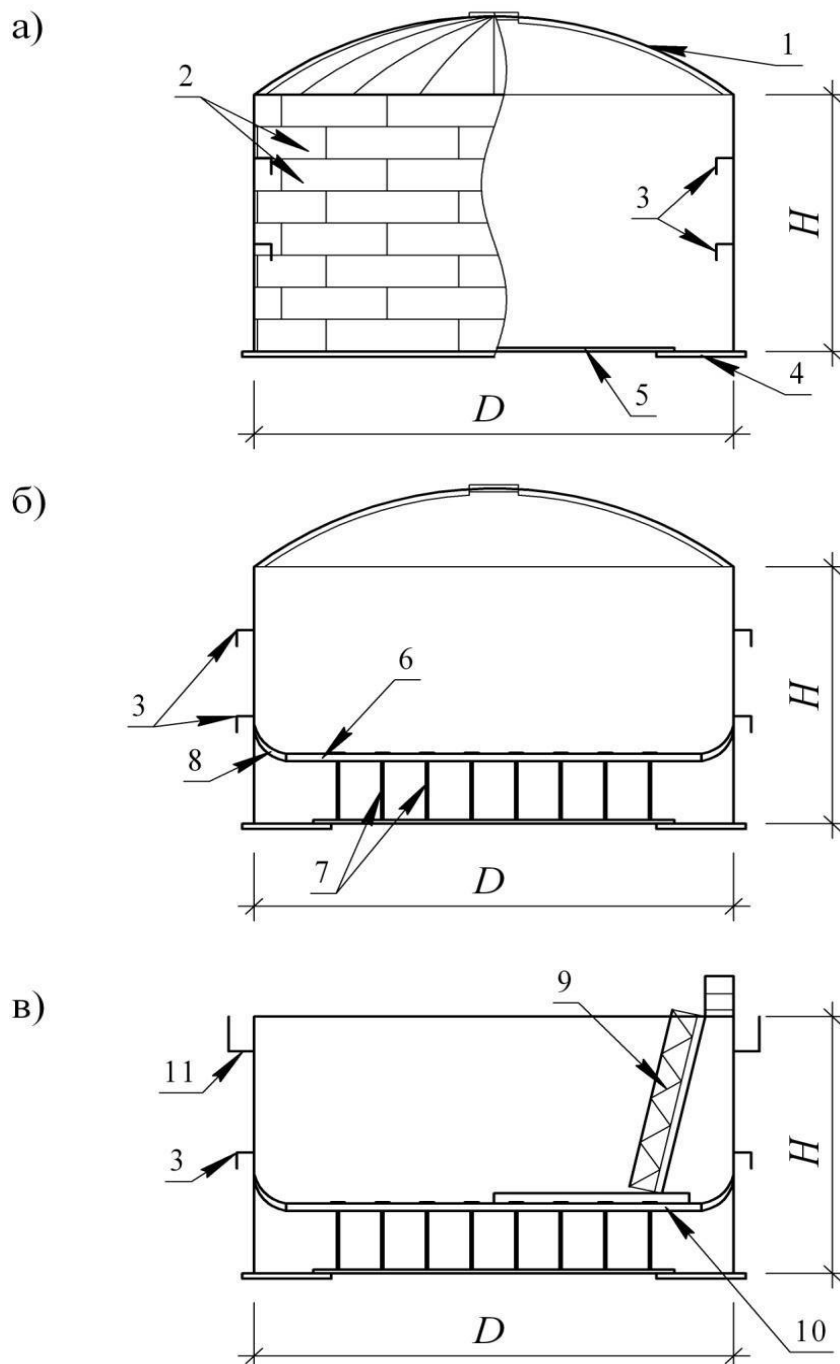


Рисунок 2 - Диаграмма-классификация элементов ВЦР

По конструктивным особенностям вертикальные цилиндрические резервуары низкого давления делятся на следующие типы (рисунок 3):

- резервуар со стационарной крышей без понтона;
- резервуар со стационарной крышей с понтоном;
- резервуар с плавающей крышей.



1 – каркас крыши; 2 – пояса стенки; 3 – промежуточные кольца жёсткости;
4 – кольцо окраек; 5 – центральная часть днища; 6 – понтон; 7 – опорные

Рисунок 3 - Типы резервуаров

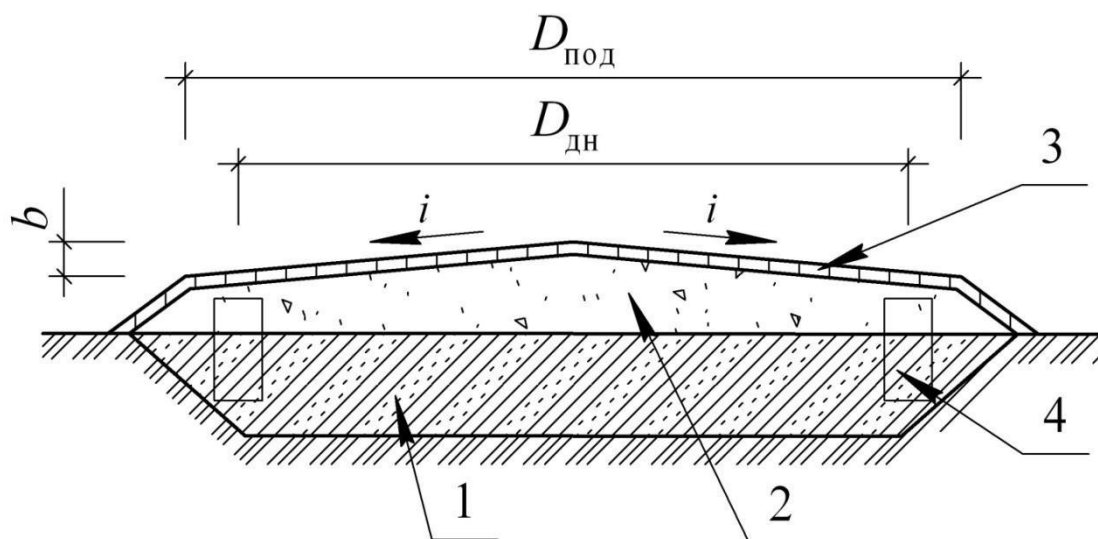
1.2 Конструкции основания и фундамента резервуара

В качестве фундамента резервуара может быть использована грунтовая подушка (с железобетонным кольцом под стенкой и без него) (рисунок 4) либо железобетонная плита [7].

Сооружение резервуаров разрешается на скальных, полускальных, крупнообломочных, песчаных, глинистых и макропористых просадочных грунтах. Резервуары на макропористых грунтах можно сооружать только по специальным проектам, содержащим указания по обеспечению устойчивости резервуаров (на участках со слабыми грунтами, имеющими несущую способность менее 2 кг/см^2 , при толщине слабого грунта более 6 см необходимо уплотнять грунт). Резервуары вместимостью 300 м^3 и менее можно сооружать на черноземных и подзолистых почвах.

Для грунтовой подсыпки основания, за исключением оснований, сооружаемых на макропористых грунтах, допускается применение щебенистых, гравийных и песчаных грунтов. Из глинистых грунтов подсыпка может сооружаться только в том случае, если их влажность в момент укладки не превышает 15%, а для супесчаных и суглинистых грунтов – 20%. Укладка грунта при устройстве грунтовой подсыпки и песчаной подушки должна осуществляться горизонтальными слоями толщиной 15-20 см с тщательным послойным уплотнением, модуль деформации каждого слоя не ниже 15 МПа. Вначале удаляют растительный слой (на глубину до 300 мм). Полученную заглублённую площадку засыпают чистым грунтом или щебнем и уплотняют катками до поверхности земли. Поверх уплотнённого слоя укладывают и уплотняют подушку из чистого песка. Подушку делают высотой до 500 мм с уклоном от центра к краям. Величина уклона 1,7-2,3%.

Диаметр подушки ($D_{\text{под}}$) на 1,5-2,0 м больше диаметра днища ($D_{\text{дн}}$) резервуара. Откосы подушки отсыпают с уклоном 1:1,5 с последующим мощением. И горизонтальная часть подушки, и откосы должны быть защищены бетонной отмосткой толщиной 60-80 мм.



1 – насыпной уплотнённый грунт (или щебень); 2 – песчаная подушка с уклоном от центра; 3 – гидроизолирующий слой; 4 – железобетонное кольцо

Рисунок 4 - Схема устройства основания под резервуар

Поверх насыпной подушки устраивается гидроизолирующий слой, предохраняющий металл днища от коррозии под действием грунтовых вод и конденсата. При сооружении резервуара на макропористых просадочных грунтах гидроизолирующий слой предохраняет их от увлажнения в случае утечки нефтепродукта через днище резервуара. Для приготовления гидроизолирующего слоя применяется супесчаный грунт с влажностью до 3% и следующим гранулометрическим составом: песок крупностью 0,1-2 мм – 60-85%, песчаные пылеватые и глинистые частицы крупностью менее 0,1 мм – 40-15%. В песке допускается содержание гравия крупностью 2-20 мм (не более 25% от объема всего грунта). Супесчаный грунт тщательно перемешивается с вяжущим веществом (жидким битумом, каменноугольным дегтем, гудроном, мазутом). Содержание кислот и свободной серы в вяжущем веществе не допускается. В общем объеме смеси вяжущего вещества должно содержаться 8-10%. Толщина гидроизолирующего слоя должна составлять 100 мм, а при макропористых грунтах – 200 мм и более (в зависимости от категории просадочного грунта). Гидроизолирующий слой должен покрыть всю поверхность насыпной подушки, а при сооружении на макропористых грунтах –

и поверхность откосов подушки с выходом по всему периметру основания резервуара полосой шириной 0,5 м.

Отвод поверхностных вод от резервуаров обеспечивается планировкой и устройством отводных и нагорных канав. При строительстве резервуаров на макропористых просадочных и глинистых недренирующих грунтах планировка площадки под одну отметку запрещается. В этих случаях отвод воды из обвалования должен производиться в промышленную канализацию.

Резервуары, расположенные на склонах, необходимо ограждать от стока поверхностных вод нагорной канавой. При большой крутизне склона, а также при близком к откосу расположении резервуара его корпус должен быть защищен от возможных оползней и падения отдельных камней. При хранении в резервуаре этилированного бензина откосы основания (если нет бетонного кольца) должны быть покрыты сборными бетонными плитами или монолитной бетонной плитой.

Для резервуаров объёмом 10000 м³ и более по периметру устраивают в песчаной подушке железобетонное кольцо (или ростверк на сваях при слабых грунтах). Фундаментное железобетонное кольцо должно иметь ширину не менее 1000 мм и толщину не менее 300 мм. Армирование кольца производится с учетом данных расчета по деформациям и на прочность.

После завершения строительства резервуара и его испытания водой нужно провести повторное нивелирование по периметру резервуара. Если неравномерная осадка вызвала недопустимые просадки основания, после спуска воды из резервуара должна быть произведена подбивка основания грунтом, применяемым для гидроизолирующего слоя.

Требования к основаниям и фундаментам приведены в нормативной литературе (п. 5.6 [7]).

1.3 Днище резервуара

Основным назначением днища является обеспечение герметичности резервуара. При правильном устройстве основания, качественном изготовлении, транспортировании и монтаже каких-либо существенных напряжений от внешней нагрузки в днище не возникает. Поэтому толщина листов днища принимается только исходя из условия сохранения его целостности на планируемый период эксплуатации. Исключение составляет периферийная часть днища. Здесь в зоне соединения днища с цилиндрической стенкой при заполнении резервуара нефтепродуктом имеет место моментное напряжённое состояние с соответствующими изгибными напряжениями.

Днище собирается из листов размерами 6000×1500 мм (5990×1490 мм после острожки кромок). Листы соединяют внахлестку или встык.

Днища резервуаров объёмом $V \leq 1000$ м³ имеют постоянную толщину $t_{\text{дн}} \geq 4$ мм. Днища резервуаров объёмом $V \geq 2000$ м³ имеют центральную часть и утолщённую кольцевую окрайку. Толщина листов центральной части $t_{\text{дн ц}} \geq 4$ мм. Толщина листов окрайки зависит от толщины нижнего пояса стенки резервуара и $t_{\text{дн окр}} \geq 6$ мм (табл. 3.2 [1]).

Примеры конструктивных схем днища изображены на рисунке 5. Для резервуаров объёмом более 5000 м³ крайние листы (окрайки) выполняют в виде сегментов.

На окрайки непосредственно опирается цилиндрическая стенка резервуара, образуя узел соединения стенки с днищем. Принятое значение толщины проверяется расчётом на прочность по изгибным напряжениям, возникающим в месте соединения окрайки днища с цилиндрической стенкой резервуара.

Соединение цилиндрической стенки резервуара с окрайками днища выполняется двухсторонними угловыми швами с обязательным контролем качества швов физическими методами. При этом высота катета указанных швов должна быть не менее номинального значения толщины более тонкого из соединяемых элементов.

В месте опирания корпуса резервуара поверхность крайков должна быть гладкой. Это достигается сваркой крайков встык или вырезкой крайков, которые у края днища свариваются встык на специальной подкладке [12].

Наружный контур окраек должен иметь вид окружности и выступать за внешнюю поверхность стенки резервуара не менее чем на 50 мм и не более 100 мм [7].

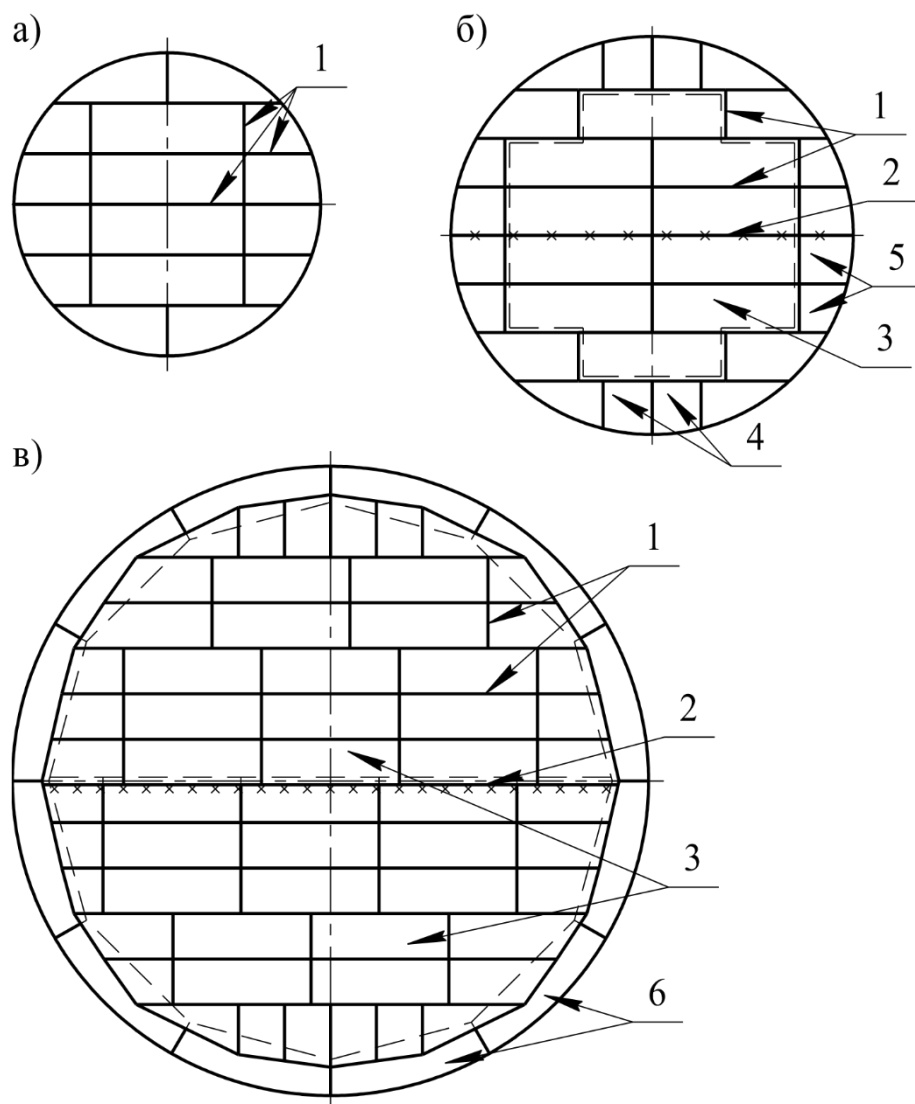
Расстояние от наружной кромки окраек до стыков их с листами центральной части днища должно быть не менее 1000 мм. Стыки нижнего пояса корпуса и стыки крайков днища следует смещать по крайней мере на 200 мм [12].

Днища резервуаров должны быть коническими с уклоном к центру или от центра. Для резервуаров объёмом до 1000 м³ включительно допускается применение плоских днищ.

Монтаж днища может осуществляться двумя способами: полистовым или рулонным.

В основном, днище на рабочую площадку поставляется в виде рулонных заготовок заводского изготовления. Монтаж выполняется путём разворачивания рулонов с последующим соединением их между собой односторонним швом внахлест. Монтажный стык, соединяющий отдельные полотнища, должен проходить через центр развёртки конструкции, чтобы на монтаже можно было получить требуемую коническую форму конструкции (с небольшим углом наклона в сторону центра или наоборот). Швы одного полотнища в месте монтажного стыка должны быть сдвинуты относительно аналогичных швов другого полотнища не менее чем на 100-150 мм. Минимальная величина нахлестки в монтажном стыке – 30 мм, но обычно составляет 50-60 мм [12].

При рулонировании ширина отправочной марки днища должна быть менее 12 м и менее ширины рулонизируемого полотнища стенки.



а) – из листов одинаковой толщины;

б) – с прямоугольными крайками;

в) – с сегментными крайками.

1 – заводские швы; 2 – монтажные швы; 3 – листы центральной части днища;
 4 – прямоугольные крайки поперечные; 5 – прямоугольные крайки
 продольные; 6 – сегментные крайки

Рисунок 5 - Схема днища

1.4 Цилиндрическая стенка резервуара

Цилиндрическая стенка является главной несущей конструкцией вертикальных цилиндрических резервуаров. Все её конструктивные элементы

должны сохранять в процессе эксплуатации прочность, устойчивость и герметичность.

В большинстве случаев цилиндрическая стенка собирается из отдельных листов размерами 6000×1500 мм (5990×1490 мм после острожки кромок). Возможны и другие параметры листов стенки 6000×2000 мм, 8000×2000 мм. Положение листов в стенке принимается таким образом, чтобы длинная сторона каждого отдельного листа была направлена по горизонтали (рисунок 6). Горизонтальные ряды листов стенки называются поясами. Каждый отдельный пояс состоит из листов одной толщины. Толщина поясов определяется расчётом и, как правило, увеличивается от верхних поясов к нижним (соответствуя закону распределения гидростатического давления).

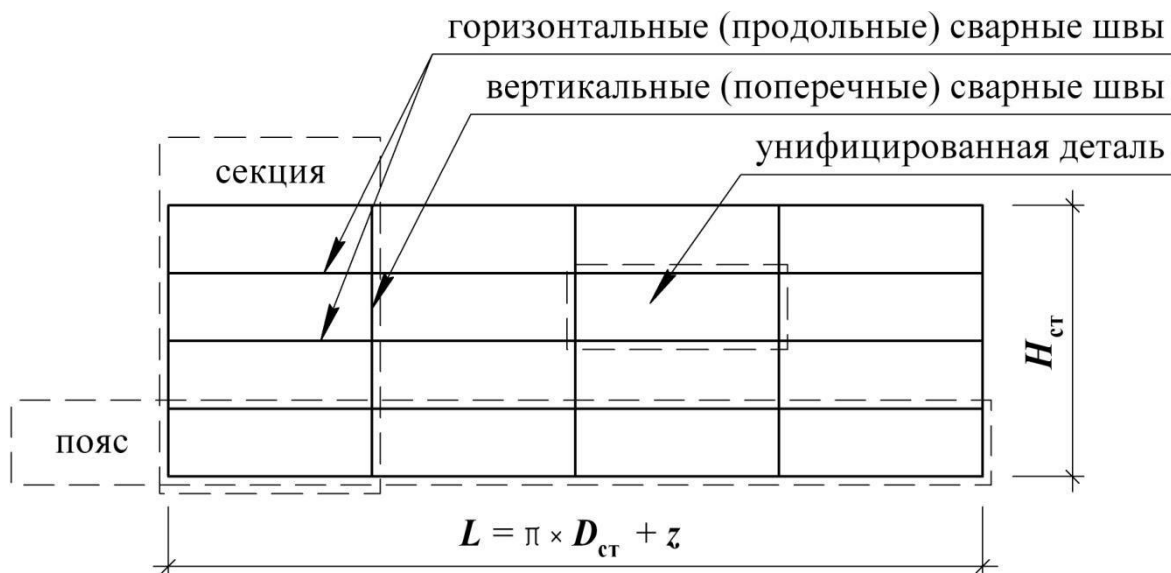
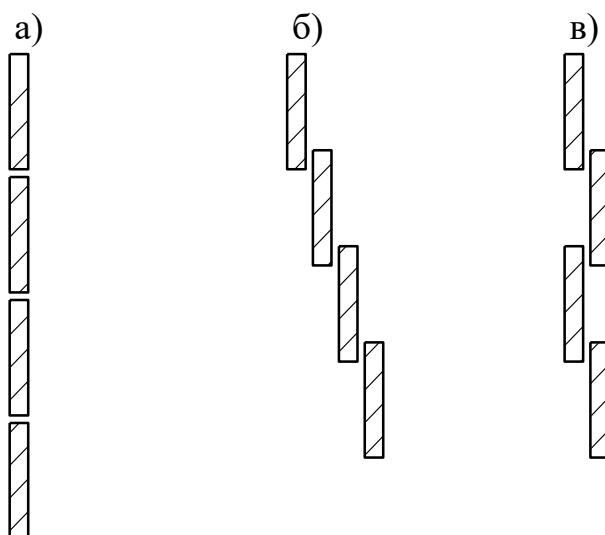


Рисунок 6 - Схема развёртки стенки резервуара

Все соединения листов в поясе делаются встык. Пояса между собой могут соединяться встык или внахлестку в телескопическом или ступенчатом порядке (рисунок 7).



а) – встык; б) – телескопическое; в) – ступенчатое

Рисунок 7- Типы соединений поясов по высоте стенки.

Монтаж цилиндрической стенки может осуществляться двумя способами: листовым или рулонным. Метод рулонирования обладает рядом преимуществ: трудоёмкость монтажа, общие затраты на сооружение резервуара, сроки возведения снижаются; повышается качество сварных швов и надёжность резервуаров. Однако максимальное значение толщины листов, сворачиваемых в рулоны, ограничивается 16-18 мм (п. 4.5.1. [1]). Ширина полотнища стенки ограничивается 18 м по условиям изготовления на рулонном оборудовании (рисунок 8). Длина полотнища должна быть не более 66 м по условиям перевозки железнодорожным транспортом (наружный диаметр навёрнутого на каркас полотнища с учётом допускаемой неплотности навивки должен быть не более 3,2 м), а общая масса одного рулона до 60 т. Разница в толщине смежных листов должна быть не более 2 мм по условиям сварки без скоса кромок листов.

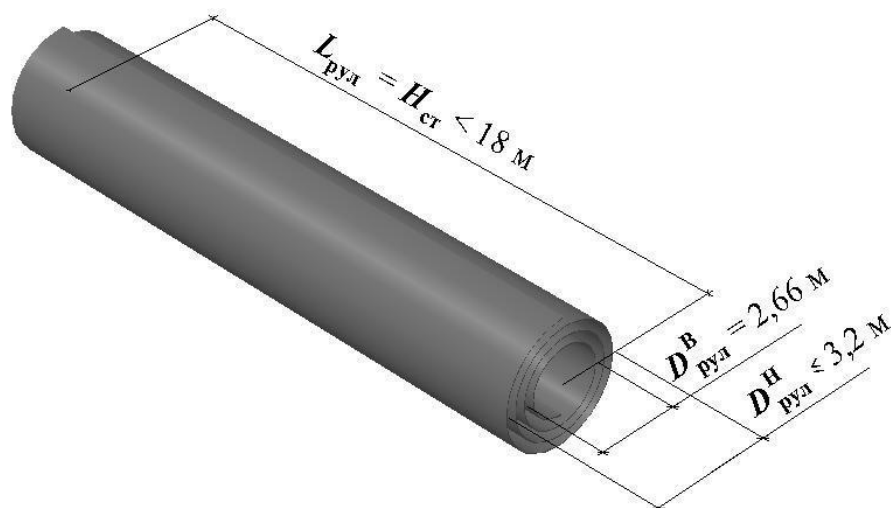


Рисунок 8 - Габариты рулонизируемого полотнища стенки.

Компоновка поверхности цилиндрической стенки может быть произведена с использованием различных вариантов. Для листового способа монтажа компоновка может быть самой разнообразной, но при этом нужно, чтобы в любом случае вертикальные сварные соединения листов в смежных поясах стенки были смещены относительно друг друга на величину $8t$, где t – толщина нижележащего пояса (п. 3.2.1. [1]) (рисунок 9).

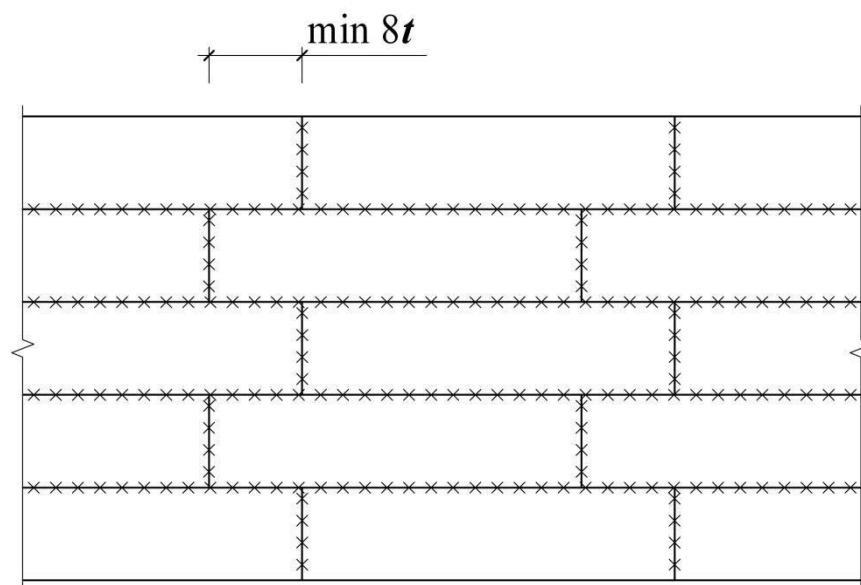


Рисунок 9 – Компоновка листов стенки для листового способа монтажа

Для резервуаров II и III класса при изготовлении стенки из рулонных полотнищ допускаются вертикальные заводские и монтажные стыковые соединения без смещения. Для рулонированных стенок наиболее простым

является вариант компоновки, показанный на рисунке 10, а. Однако зарубежные стандарты не рекомендуют устраивать сквозные на всю высоту стенки сварные стыки. Поэтому иногда применяют другие виды компоновки (рисунок 10, б). Во всех этих случаях монтажные соединения рулонов осуществляются встык или внахлест. В последнее время усиленно осваивается стыковка рулонов с использованием так называемых «зубчатых» стыков(рисунок 10, в), хотя при такой стыковке трудоёмкость устройства монтажного стыка значительно возрастает.

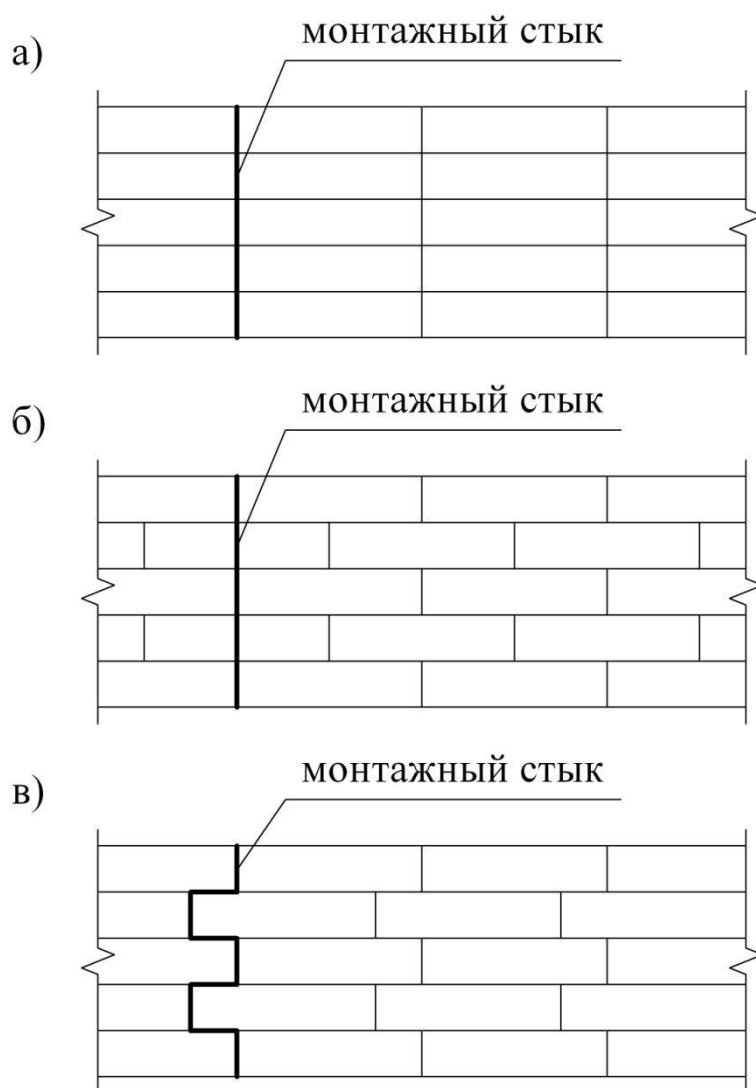


Рисунок 10 - Компоновка листов стенки для рулонного способа монтажа

Расчётные значения толщины листов каждого пояса определяются в соответствии с требованиями [1,2, 5]. Для сейсмоопасных районов строительства проводят дополнительную проверку несущей способности стенки.

Стенка резервуара должна иметь основное кольцевое ребро жёсткости, которое устанавливается в верхней части стенки, снаружи или изнутри. В резервуарах со стационарной крышей основное кольцевое ребро жёсткости должно одновременно служить опорной конструкцией для крыши. Сечение кольца жёсткости определяется расчётом. Для обеспечения устойчивости стенки могут устанавливаться промежуточные кольцевые рёбра жёсткости. Кольцевые рёбра жёсткости должны иметь неразрезное сечение по всему периметру стенки. Кольца жёсткости должны отстоять не менее чем на 150 мм от горизонтальных швов стенки, а их монтажные стыки не менее чем на 150 мм – от вертикальных швов стенки. Конструкция колец жёсткости не должна допускать скопления в них воды (рисунок 11)

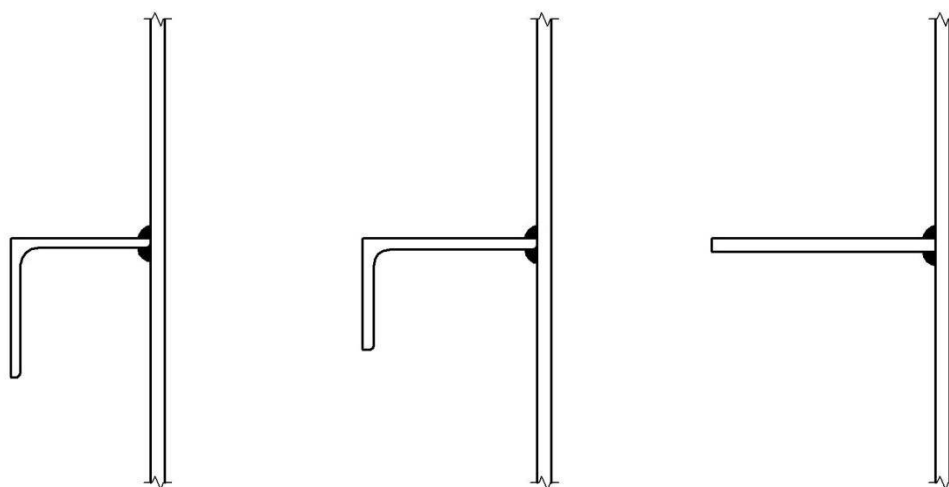


Рисунок 11 – Варианты сечений промежуточных колец жёсткости

В ряде случаев могут быть приняты решения усиленной стенки, предусматривающие установку различных дополнительных элементов для увеличения её прочности [8, 9]: дополнительная стенка, гибкие и жёсткие бандажи, высокопрочная проволока с усилием предварительного напряжения. В некоторых случаях конкурентоспособным может оказаться многостенчатый

резервуар, в котором используется идея уравнивания столбов хранимой жидкости, находящихся одновременно в нескольких отсеках. Все такие решения становятся актуальными в случаях, когда по расчёту толщина нижних поясов однослойной цилиндрической стенки оказывается больше ограничений, введённых по толщине поясов для резервуаров, изготавливаемых методом рулонирования.

1.5 Стационарная кровля

Резервуары низкого давления со стационарной крышей в зависимости от конструкции покрытия могут быть:

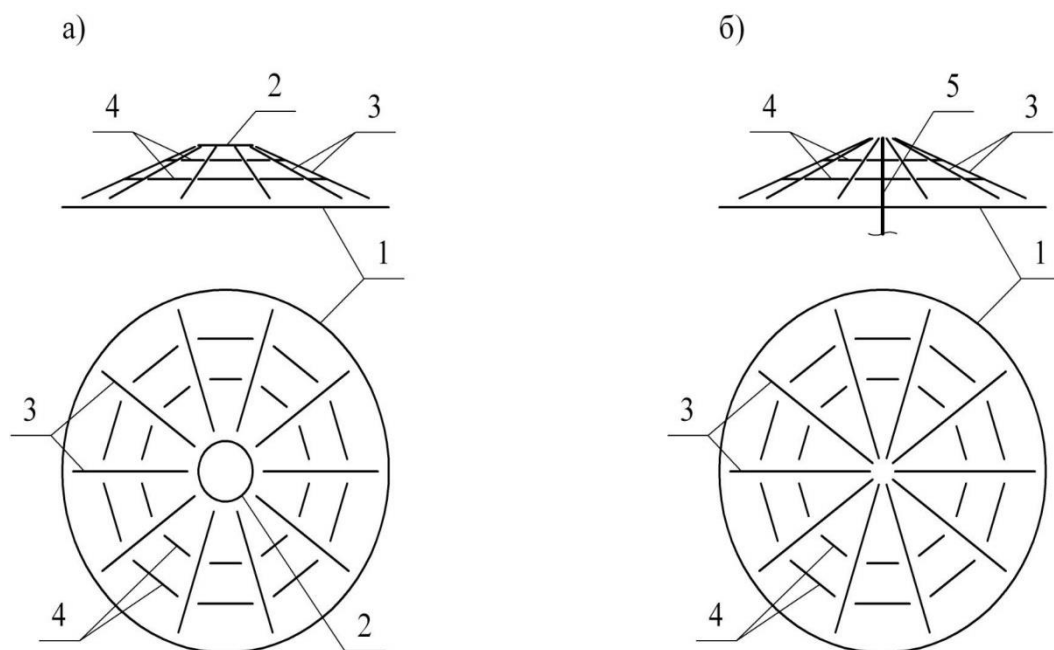
- с каркасной крышей, с центральной стойкой или без неё (конической или сферической);
- с бескаркасной крышей и центральной стойкой (висячая, «безмоментная кровля»).

Опираются стационарные крыши на стенку резервуара (на кольцевой элемент жёсткости) и центральную стойку, либо только на стенку (распорная система). Для сферической крыши применяется только распорная конструкция.

Бескаркасная крыша применяется при небольших снеговых нагрузках (до 1, 5 кН/м²) и малых объёмах (до 5000 м³) [7, 8].

Для резервуаров объёмом до 5000 м³ применяется также каркасная коническая кровля (Рисунок 12) для резервуаров объёмом более 5000 м³ – каркасное сферическое покрытие.

Угол наклона образующей конической крыши к горизонтальной поверхности принимается от $\approx 4,7^\circ$ (уклон 1:12) до $\approx 9,5^\circ$ (уклон 1:6) [1].



а) без центральной стойки; б) с центральной стойкой;

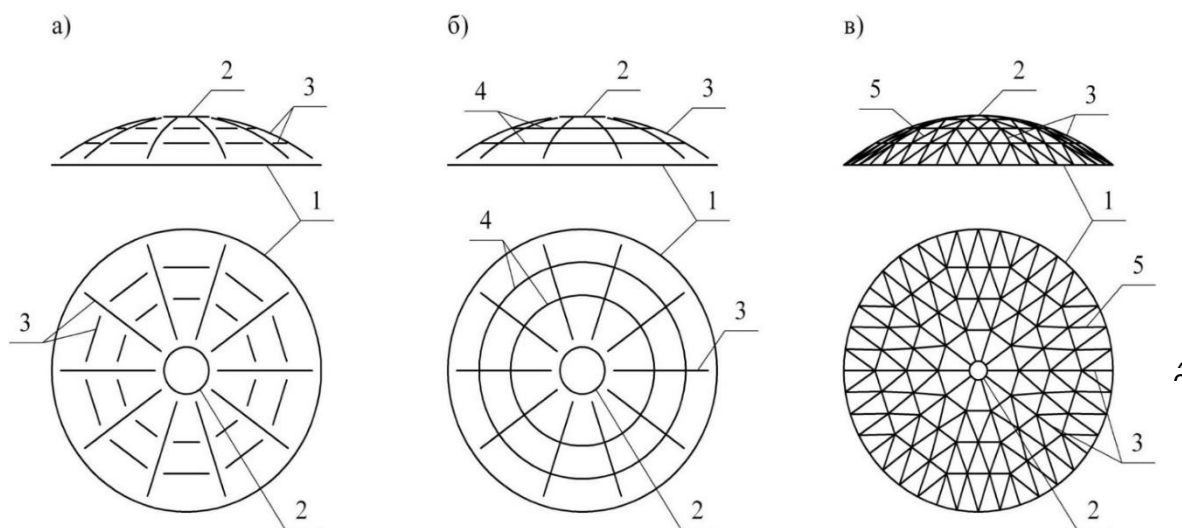
1 – нижнее опорное кольцо; 2 – верхнее опорное кольцо; 3 – продольные рёбра;
4 – поперечные рёбра; 5 – центральная стойка

Рисунок 12 - Схемы конической каркасной кровли.

Каркас сферической крыши следует выполнять ребристым, ребристо-кольцевым или сетчатым (рисунок 13). Сетчатые крыши экономичнее ребристых по расходу стали и трудоёмкости изготовления. Для сферической крыши применяется только распорная конструкция.

Минимальный радиус сферической поверхности равен $0,8D$, максимальный радиус – $1,5D$, где D – диаметр резервуара.

Минимальная толщина настила для конической кровли равна 4 мм, для сферической – 5 мм.



а) ребристый; б) ребристо-кольцевой; в) сетчатый;

1 – нижнее опорное кольцо; 2 – верхнее опорное кольцо; 3 – рёбра;

4 – промежуточные кольца; 5 – сетка

Рисунок 13. Конструктивные решения купольных покрытий

Конические и сферические каркасные крыши обычно состоят из сборных секторных щитов заводского изготовления. Щиты состоят из радиальных и поперечных рёбер (прокатные или гнутые профили) и обшивки из стальных листов. Количество щитов принимается из условия габаритности при перевозках (ширина щита должна быть в пределах 3,2 – 3,85 м) [10]. Расстояние между поперечными (кольцевыми) балками назначается кратным 100 мм (в дальнейшем уточняется расчётом); длиной участка, примыкающего к опорному кольцу, обычно компенсируются возможные невязки. Монтаж каркасных конических и сферических крыш производится с временной центральной стойкой. На ней устанавливается центральное кольцо, к которому крепятся все щиты кровли. Щиты между собой свариваются внахлест. Диаметр верхнего опорного кольца – 1500-2500 мм.

Сферические крыши конструируют в виде ребристо-кольцевых куполов для резервуаров объёмом 6000 м³ и более и сетчатыми при объёмах 10000 м³ и более.

Допускается применение стационарных крыш из алюминиевых сплавов (приложение Б [7]). Купольные алюминиевые крыши поставляются на российский рынок зарубежными фирмами, поэтому необходимо в соответствии с российскими нормами выполнять поверочные расчёты таких крыш.

1.6 Понтон и плавающая крыша

Для сокращения потерь нефтепродуктов от испарений по технологическим соображениям внутри резервуара устанавливается понтон или плавающая крыша. Установка понтона не исключает устройства 42 стационарной кровли, а плавающая крыша – это конструкция, которая совмещает в себе свойства понтона и кровли.

Плавающие крыши применяются в резервуарах, эксплуатирующихся в районах с расчётным весом снегового покрова до 1,8 кПа [11].

Конструктивные решения понтона и плавающей крыши подобны. Плавающие крыши могут быть двух основных типов: однодечные (герметичные короба по периметру крыши) и двудечные (герметичные короба по всей поверхности крыши). Понтоны могут быть также поплавкового типа.

Пространство между стенкой резервуара и понтоном или плавающей крышей (200-300 мм), а также между патрубками понтона и направляющими трубами должно быть уплотнено при помощи затворов. Применяют затворы мягкого и жёсткого типов.

В нижнем положении понтон и плавающая крыша опираются на стойки, прикрепленные к ним с определённым шагом по концентрическим окружностям.

Для исключения вращения должны использоваться направляющие в виде труб или вертикально натянутые тросы, которые одновременно могут выполнять технологические функции.

1.7 Лестницы, площадки, ограждения, переходы

Для доступа обслуживающего персонала устраивают лестницы. Лестницы для подъема на резервуар могут выполняться отдельно стоящими, с опиранием на собственный фундамент (шахтные) или кольцевыми – полностью опирающимися на стенку резервуара.

Шахтные лестницы (рисунок 14) являются конструктивно-технологическим элементом, выполняющим роль собственно лестницы для подъема на крышу резервуара, а также служащим каркасом, на который наворачивается полотнище стенки (для резервуаров объемом до 3000 м³ совместно со стенкой могут сворачиваться полотнища днища и крыши).

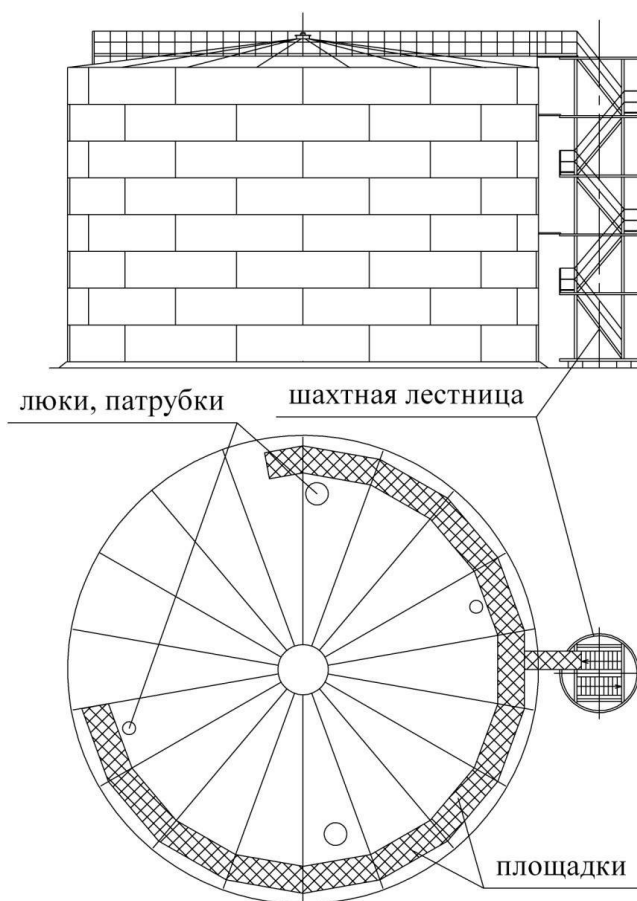


Рисунок 14 – Шахтная лестница и площадки на крыши

Недостатки шахтных лестниц:

- требуют устройства отдельного фундамента;

– крепятся к стенке резервуара несколькими рядами радиальных распорок, которые вызывают в стенке нежелательные концентрации напряжений, особенно при воздействии сейсмических нагрузок.

Кольцевые лестницы (рисунок 15) не имеют указанных недостатков применения шахтных лестниц. Минимальная ширина лестницы 700 мм, максимальный угол по отношению к горизонтальной поверхности – 50°. Ступени лестниц изготавливают из перфорированного, решётчатого или рифлёного металла. Минимальная ширина ступеней – 200 мм; высота одинаковая и не более 250 мм. Конструкция лестницы должна выдерживать сосредоточенный груз 4,5 кН. При полной высоте лестницы более 9 м конструкция лестницы должна включать в себя промежуточные площадки, разница между вертикальными отметками которых не должна превышать 6 м.

Для обеспечения требований безопасности и удобства обслуживания установленного оборудования рекомендуется круговое расположение площадок по периметру крыши (рисунок 15). Для резервуаров без понтона объёмом свыше 1000 м³ допускается выполнение площадок на $\frac{1}{4}$ периметра (рисунок 14).

Группы соседних резервуаров могут быть соединены между собой переходами. На каждую группу резервуаров должно быть, по крайней мере, две лестницы (с противоположных сторон). Минимальная ширина переходов 700 мм. Конструкция площадок и переходов должна выдерживать сосредоточенный груз 4,5 кН (на площадке 100 * 100 мм).

Ограждения должны устанавливаться по всему периметру стационарной крыши по наружной стороне площадок; по краям переходов, лестниц. Ограждение должно выдерживать нагрузку 0,9 кН, приложенную в любом направлении в любой точке поручня. Ограждения стандартно изготавливаются из углового профиля, но также могут быть выполнены из труб.

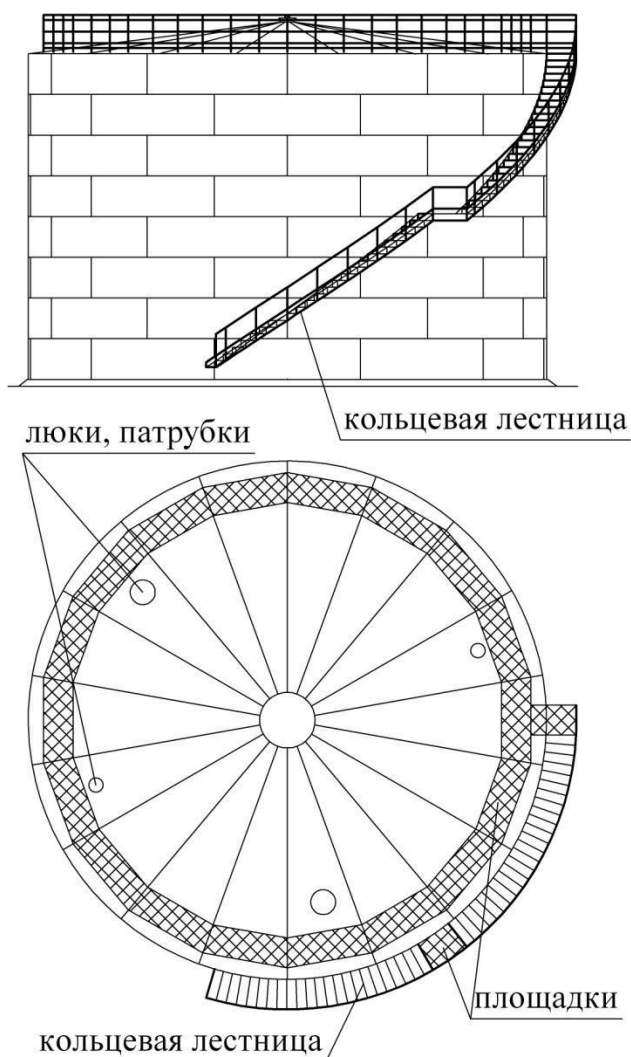


Рисунок 15 - Кольцевая лестница и площадки по периметру крыши.

Для доступа на плавающие крыши устанавливаются «катучие» лестницы. Они имеют верхнее шарнирное крепление к стенке резервуара и нижние ролики, перемещающиеся по направляющим рельсам (опорной балке, ферме), установленным на крыше. Таким образом, лестница автоматически следует любому положению крыши по высоте. «Катучая» лестница имеет ограждения с двух сторон и самовыравнивающиеся ступени.

1.8 Анкерное крепление стенки

Анкерное крепление стенки резервуара должно устанавливаться в случаях, если опрокидывающий момент резервуара от воздействия расчётной ветровой или сейсмической нагрузок превышает удерживающий момент [7].

Анкерные крепления должны располагаться по периметру стенки резервуара на равных расстояниях, не более 3 м друг от друга. При использовании в качестве анкеров болтов их диаметр должен быть не менее 24 мм.

1.9 Центральная стойка

В середине резервуара щиты опираются на оголовок центральной стойки. Центральная стойка в резервуарах ёмкостью 1000, 2000, 3000 и 5000 м³ выполняется трубчатой (кольцевого сечения), а в резервуарах ёмкостью 300, 400 и 700 м³ – решётчатой (такие более экономичны) [12].

Сечение центральной стойки по конструктивным соображениям (с учётом условий опирания щитов покрытия и использования стойки для рулонирования элементов резервуара) принимают диаметром более 0,4 м (по расчёту на устойчивость требуется меньшее сечение).

Стойка крепится к днищу анкерами или приваривается по контуру опорного кольца [13]. Для предотвращения отрыва трубчатой стойки от днища её заполняют песком.

2. ДИАГНОСТИКА РЕЗЕРВУАРА

Для резервуаров составляется техническое задание (программа технического диагностирования), включающее в себя:

- анализ технической документации на резервуар, проверку монтажной, эксплуатационной документации, сведений о ремонтах и реконструкции, ознакомление с результатами технических освидетельствований и испытаний резервуара;
- функциональную диагностику с целью контроля соответствия системы автоматизации требованиям правил устройства и безопасной эксплуатации;
- приборное и инструментальное обследование и диагностику резервуара снаружи и внутренний осмотр, оценку его технического состояния;
- диагностика состояния основания, отмостки, шахтных лестниц резервуара;
- изучение и анализ результатов диагностических обследований;
- расчетно-экспериментальную оценку прочности и надежности резервуара;
- проведение гидравлических испытаний резервуара (наливом);
- определение остаточного ресурса резервуара с принятием решений о дальнейшей эксплуатации, необходимости и объемах ремонтных работ, продлении срока службы.

2.1. Диагностика сварных швов ультразвуком

Ультразвуковой контроль сварных соединений (УЗК)- это неразрушающий контроль качества сварных соединений, проводимый в рамках строительной экспертизы металлоконструкций зданий и сооружений.

Ультразвуковой контроль сварных соединений является эффективным способом выявления дефектов сварных швов и металлических изделий, залегающих на глубинах от 1-2 миллиметров до 6-10 метров. В сочетании с вихретоковым контролем качества сварных соединений данный метод позволяет

выполнять весь комплекс работ по ультразвуковой диагностике сварных соединений и сокращает затраты на проведение строительной экспертизы металлоконструкций.

Вихретоковый контроль сварных соединений позволяет обнаруживать микротрещины на поверхности металлоконструкций и сварных соединений, выявлять степень износа и усталости металла в местах изгибов. Вихретоковый контроль сварных соединений дает более точные результаты по сравнению с капиллярным контролем сварных швов.

Ультразвуковой контроль сварных соединений проводится по ГОСТ 14782-86 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые» и позволяет осуществлять ультразвуковую диагностику качества сварных соединений, выявлять и документировать участки повышенного содержания дефектов, классифицируя их по типам и размерам. Для разных типов сварных соединений применяются соответствующие методики ультразвукового контроля. При ультразвуковом контроле сварных соединений применяются эхо-импульсный, теневой или эхо-теновый методы УЗК. Ниже приведены схемы ультразвукового контроля качества стыковых, тавровых и нахлесточных сварных соединений. При ультразвуковом контроле сварного соединения сканирование выполняют продольным и поперечным перемещением излучателя при постоянном или изменяющемся угле ввода луча. Способ ультразвукового контроля сварного соединения устанавливается в технической документации.

Ультразвуковой контроль сварных соединений (рисунок 16) и вихретоковый контроль сварных швов позволяют провести полную диагностику сварных соединений без использования дорогостоящих методов неразрушающего контроля качества сварных швов, таких как

рентгенографический, гаммаграфический, магнитопорошковый или капиллярный.

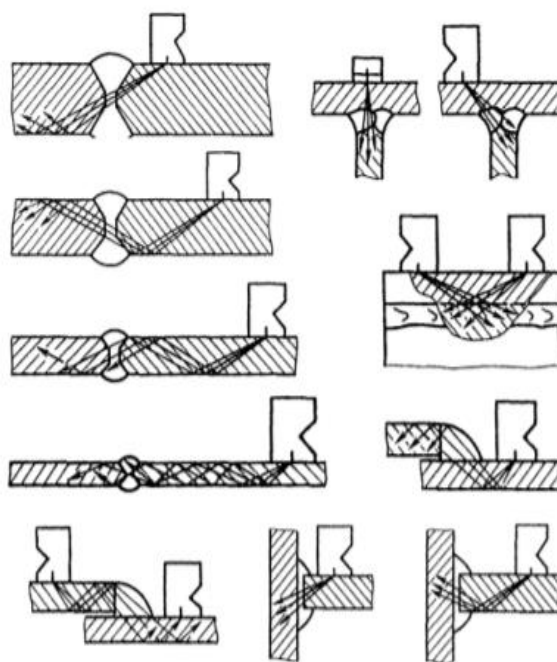


Рисунок 16 - Сварные соединения

Ультразвуковой контроль сварных швов и вихретоковый контроль качества сварных соединений мы проводим используя ультра звуковой дефектоскоп



«ТОМОГРАФИК УД4- Т».

Краску, ржавчину и шероховатость перед проведением ультразвуковой дефектоскопии снимаем шлифовальной машиной. В качестве контактной жидкости используем глицерин или G-гель.

Рисунок 17- Ультразвуковой дефектоскоп

«ТОМОГРАФИК УД4-Т».

2.2. Диагностика химического состава, механических свойств металла Химический состав может определяться стандартными методами аналитического или спектрального анализа, обеспечивающими точность, необходимую для установки марки стали. Для определения химического состава либо отбирается стружка из основного металла или сварного шва

с последующей оценкой аналитическими методами, либо вырезается образец для последующего спектрального анализа. Для отбраковки легированных сталей может применяться стилоскопирование переносными приборами. Для определения степени раскисления стали следует руководствоваться фактическим содержанием кремния и требованиями нормативнотехнических документов. Измерение твердости можно производить на специально вырезанных и подготовленных образцах со шлифованной поверхностью с определением твердости по Бринеллю, Роквеллу или Виккерсу.

3. ПРАВИЛА ПРИНЯТИЯ РЕЗЕРВУАРОВ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Принятие резервуаров в эксплуатацию после монтажа и ремонта осуществляется в соответствии с требованием действующих Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей и СНиП III-18-75 «Металлические конструкции. Правила производства и приемки работ».

Принятие в эксплуатацию подлежат все строительные конструкции резервуаров, а также их технологические элементы - разводящие трубы и патрубки, задвижки, клапаны, уровнемеры, а также элементы пожаротушения, обваловки, громоотводы, заземления и т.д.

Принятие смонтированных резервуаров должна производиться с осуществлением пооперационного контроля за монтажными работами в следующем порядке:

- промежуточная - скрытых работ, смонтированных конструкций всего резервуара или его части под производство последующих строительно-монтажных работ;
- окончательная - смонтированных конструкций при сдаче резервуара в эксплуатацию в соответствии со СНиП III-3-76 «Приемка в эксплуатацию законченных строительством предприятий, зданий и сооружений. Основные положения».

Монтаж вновь построенного или ремонт резервуара считается законченным при следующих условиях:

- конструктивные элементы резервуара, основание и фундамент его выполнены в строгом соответствии с типовым проектом;
- оборудование укомплектовано в соответствии с указаниями проекта;
- металлоконструкции, сварочные материалы соответствуют действующим стандартам или техническим условиям (на основании документов);
- монтаж конструкций выполнен в соответствии с проектом производства работ и технологическими картами;
- стальные конструкции огрунтованы и окрашены в соответствии с указаниями проекта.

Приемку нового резервуара после монтажа или ремонта осуществляет специальная комиссия из представителей строительной и монтажной организаций, заказчика, представителя пожарной охраны и других органов.

До начала испытаний организации, участвующие в монтаже или ремонте резервуара, должны представить заказчику всю техническую документацию на выполнение работы, в том числе:

- а) рабочие и детализировочные чертежи металлических конструкций;
- б) заводские сертификаты на поставленные металлические конструкции резервуара;
- в) документы о согласовании отступлений от рабочих чертежей при изготовлении и монтаже; согласованные отступления от проекта должны быть нанесены монтажной организацией на детализировочные чертежи, предъявляемые при сдаче работ;
- г) акты приемки скрытых работ;
- д) документы (например, сертификаты и др.), удостоверяющие качество материалов (сталей, метизов, электродов и других сварочных материалов, а также материалов для окраски), примененных при монтаже;
- е) акты на окраску, выполненную при монтаже;
- ж) данные о результатах геодезических измерений при проверке разбивочных осей и установке конструкций резервуара;
- з) журналы монтажных работ;
- и) документы о контроле за качеством сварных соединений.

Перед гидравлическими испытаниями резервуара необходимо проверить отклонение от проектных значений:

- фактических размеров основания и фундамента, которые не должны превышать значений, приведенных в таблице 1;
- геометрических размеров и формы стальных конструкций (днище стенки, крыши), приведенных в таблицах 2-5.

Таблица 1 - Допустимые отклонения фактических размеров оснований и фундаментов.

Наименование	Допустимое отклонение, мм
Отклонение отметки центра основания от проектной при основании:	
плоском	0; +30
с подъемом к центру	+50
с уклоном к центру	-50
Отклонение от проекта отметок основания, определяемых в зоне расположения крайков не реже чем через 6 м и не менее чем в восьми точках	±10
Разность отметок любых не смежных точек основания	Не более 20
Отклонение от проекта отметок поверхности кольцевого фундамента, определяемых не реже чем через 6 м и не менее чем в восьми точках	±5
Разность отметок любых не смежных точек кольцевого фундамента	Не более 10
Отклонение от проекта наружного диаметра кольцевого фундамента	+50; -30
Толщина гидроизолирующего слоя на бетонном кольце в месте расположения стенки резервуара	Не более 5

Таблица 2 - Допустимые отклонения наружного контура днища от горизонтали

Вместимость резервуара, м	Допустимое отклонение, мм			
	при незаполненном резервуаре		при заполненном резервуаре	
	Разность отметок соседних точек на расстоянии 6 м	Разность Отметок любых других точек	Разность отметок Соседних точек на расстоянии 6 м	Разность отметок любых других точек
Менее 700	10	25	20	40
700 - 1000	15	40	30	60
2000 - 5000	20	50	40	80
10000 - 20000	10	50	30	80
Более 20000	15	50	30	80

Таблица 3 - Допустимые отклонения при монтаже конструкций резервуаров.

Наименование	Допустимое отклонение
<p>Днище Отклонение наружного контура днища от горизонтали Высота хлопунгов днища(допустимая площадь одного хлопунга 2 м²)</p> <p>Стенка Отклонение внутреннего радиуса стенки на уровне днища от проектной при радиусе: до 12 м вкл. св. 12 м Отклонение высоты стенки от проектной, смонтированной: из рулонной заготовки из отдельных листов Отклонения образующих стенки от вертикали Выпучины или вмятины на поверхности стенки вдоль образующей</p> <p>Кровля Отклонение стрелок прогиба радиальных элементов в центре и промежуточных узлах от проектных (с учетом строительного подъема) Разность отметок смежных узлов радиальных балок и ферм</p>	<p>См. табл. 2 Не более 150 мм</p> <p>±20 мм ±30 мм</p> <p>±15 мм ±50 мм</p> <p>См. табл. 4 См. табл. 5</p> <p>±0,02</p> <p>10 мм</p>

Таблица 4 - Допустимые отклонения образующих стенки резервуара от вертикали.

Высота резервуара, м	Допустимое отклонение, мм, по поясам											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
До 12 вкл.	15	30	40	50	60	70	80	90	-	-	-	-
Св. 12 до 18 вкл.	15	30	40	50	60	60	70	70	70	80	80	90

Примечания:

- Измерения производятся для каждого пояса на расстоянии до 50 мм от верхнего горизонтального шва.
- Проверка отклонений проводится не реже чем через 6 м по окружности резервуара.

Таблица 5 - Допустимые значения выпучин или вмятин на поверхности стенки вдоль образующей.

Расстояние от нижнего до верхнего края выпучины или вмятины, мм	Допустимое значение выпучин или вмятин, мм
До 1500 вкл.	15
Св. 1500 до 3000 вкл.	30
Св. 3000 до 4500 вкл.	45

При полистовой сборке стенки резервуара размеры разбежки между вертикальными стыками листов первого пояса и стыками окраек днища должны быть не менее 200 мм, размеры разбежки между вертикальными стыками отдельных поясов - не менее 500 мм.

Врезка и приварка патрубков резервуарного оборудования, устанавливаемого на первом поясе, должны быть закончены до проведения гидравлического испытания резервуара. Усилительные воротники резервуарного оборудования должны иметь ширину не менее 150 мм.

Герметичность всех швов днища проверяют с помощью вакуум-камеры, а швов прочих частей резервуара - керосином. Контроль просвечиванием проникающими излучениями применяют:

- в резервуарах, сооружениях из рулонных заготовок, на заводе, проверяя 100 % пересечений вертикальных и горизонтальных швов сварных соединений поясов I и II и 50 % пересечений поясов II, III и IV, а на монтажной площадке вертикальные монтажные швы стенок резервуаров вместимостью от 2000 до 20000 м³;
- в резервуарах, сооружаемых полистовым методом, проверяя все стыковые соединения I и II поясов и 50 % соединений поясов II, III и IV преимущественно в местах пересечения этих соединений с горизонтальными;
- для всех стыковых соединений окраек днищ в местах примыкания к ним стенки резервуаров. Длина снимка должна быть не менее 240 мм.

Взамен просвечивания сварных соединений при толщине 10 мм и более разрешается проводить контроль ультразвуковой дефектоскопией с последующим просвечиванием проникающими излучениями участков швов с признаками дефектов.

По внешнему виду швы сварных соединений должны удовлетворять следующим требованиям:

- иметь гладкую или равномерно чешуйчатую поверхность (без наплывов, прожогов, сужений и перерывов) без резкого перехода к основному металлу. В конструкциях, воспринимающих динамические нагрузки, угловые швы выполняются с плавным переходом к основному металлу;
- наплавленный металл должен быть плотным по всей длине шва без трещин и дефектов;
- глубина подрезов основного металла не должна превышать 0,5 мм при толщине стали 4 - 10 мм и 1 мм при толщине стали выше 10 мм;
- все кратеры должны быть заварены.

Отклонения геометрических швов сварных соединений не должны превышать значений, указанных в ГОСТ 5264-80.

4.ТРЕБОВАНИЯ К ИСПЫТАНИЯМ РЕЗЕРВУАРОВ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ

Гидравлические испытания вновь смонтированных резервуаров проводятся при приемке их в эксплуатацию, а находящиеся в эксплуатации - после их ремонта, связанного с устранением течи. Перед проведением гидравлических испытаний резервуаров необходимо закончить работы по устройству ливневой канализации. Перед началом наполнения резервуара с колодца ливневой канализации следует снять крышки, а вокруг колодца соорудить защиту (ограждение).

При проведении гидравлических испытаний необходимо разработать мероприятия по осмотру состояния резервуара, для чего:

- усилить освещение наружной поверхности стенки резервуара, особенно утора и площадки вокруг железобетонного кольца;
- организовать круглосуточную охрану резервуара для обеспечения сохранности исполнительных приборов, установок и электрических сетей;
- обеспечить освещение верхней бровки обвалования;
- организовать на командном пункте надежную телефонную связь с охраной и персоналом, испытывающим резервуар, или иметь специально закрепленную для этого автомашину;
- установить связь с диспетчером цеха, прилегающего к площадке резервуара, и сообщить ему о начале наполнения резервуара.

Весь персонал, принимающий участие в проведении испытаний, должен пройти инструктаж.

На все время испытаний устанавливается граница опасной зоны радиусом не менее двух диаметров резервуара, внутри которой не допускается нахождение людей, не связанных с испытанием. Лица, проводящие гидравлические испытания, в период заполнения водой должны находиться вне опасной зоны.

Испытание резервуаров на герметичность должно проводиться наливом их водой до высоты, предусмотренной проектом.

Во время повышения давления или вакуума допуск к осмотру резервуара разрешается не ранее чем через 10 мин после достижения установленных испытательных нагрузок. Контрольные приборы должны устанавливаться вне опасной зоны или в надежных укрытиях.

По мере наполнения резервуара водой необходимо наблюдать за состоянием его конструкции и сварных соединений. При обнаружении течи из-под крайков днища или появления мокрых пятен на поверхности отстойки необходимо прекратить испытание, слить воду, установить и устранить причину течи. При появлении трещин в сварных швах стенки испытания прекращают и воду сливают до уровня:

- на один пояс ниже при обнаружении трещин в поясах от I до IV;
- до пояса V при обнаружении трещин в поясах VI и выше.

Испытания резервуаров на прочность проводят только на расчетную гидравлическую нагрузку. Размер избыточного давления при этом принимается на 25 %, а вакуум на 50 % выше проектных значений, продолжительность нагрузки 30 мин.

Гидравлические испытания рекомендуется проводить при температуре окружающего воздуха выше 5 °С. При необходимости проведения испытаний в зимнее время должны быть приняты меры по предотвращению замерзания воды в трубах и задвижках, а также обмерзания стенок резервуара.

Герметичность кровли резервуара при гидравлическом испытании следует проверять следующим образом: залить воду в резервуар на высоту 1 м, закрыть заглушками все люки на стенке и кровле резервуара и увеличить высоту наполнения водой, создавая избыточное давление на 10 % выше проектного значения. При этом необходимо тщательно следить за показаниями *U* - образного манометра, так как давление может изменяться не только от подачи воды, но и от колебания температуры окружающего воздуха. В процессе испытания сварные соединения необходимо смачивать снаружи мыльным или другим индикаторным раствором.

Резервуары вместимостью до 20000 м³, залитые водой до проектной отметки, испытывают на гидравлическое давление с выдержкой под нагрузкой без избыточного давления не менее 24 ч, а резервуары вместимостью свыше 20000 м³ - не менее 72 ч. Резервуар считается выдержавшим гидравлическое испытание, если в процессе испытания на поверхности корпуса или по краям днища не появится течь и уровень не будет снижаться. Обнаруженные мелкие дефекты (свищи, отпотины) необходимо исправить на пустом резервуаре и проверить на герметичность.

Резервуар считается выдержавшим гидравлическое испытание, если в процессе испытания и по истечении 24 ч на поверхности корпуса резервуара или по краям днища не появятся течи и если уровень воды не будет снижаться.

Обнаруженные мелкие дефекты (свищи, отпотины) подлежат исправлению при опорожненном резервуаре. Места с устраненными дефектами должны быть проверены на герметичность.

5. РАСЧЕТ СФЕРИЧЕСКОЙ КРОВЛИ РЕЗЕРВУАРА

РВС-10000 м³.

При монтаже кровли были выявлены отклонения от проектного радиуса сферической крыши до 60 мм. Выполняем расчет кровли по проектным размерам, и по размерам с отклонениями от проектного размера, для выявления влияния отклонений на прочность кровли.

Кровля запроектирована в виде ребристого купола.

Исходные данные:

$R = 14,25$ м – радиус цилиндрического резервуара;

$R_{сф} = 45$ м – радиус сферической крыши;

$p^H_{кр} = 0,45$ кН/м² – нормативный вес крыши;

$n_6 = 28$ шт. количество главных балок.

Резервуар находится в V снеговом районе, для которого S_g – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли, по СНиП 2.01.07-85(табл. 4.7) $S_g = 3,2$ кН.

Главные балки резервуара на расчетной схеме рассматриваем как трехшарнирные арки (рисунок 18).

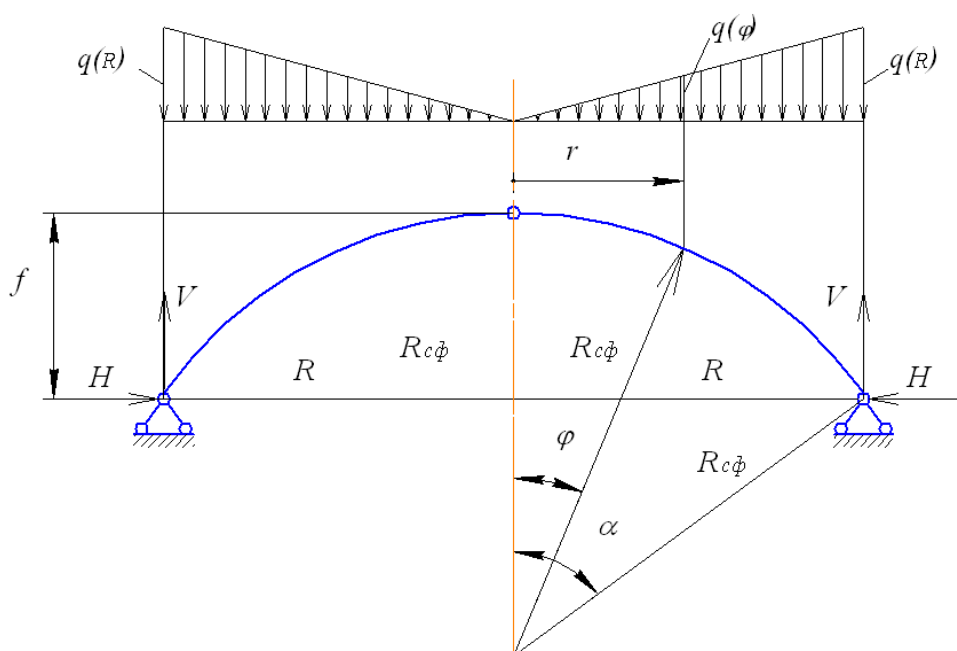


Рисунок 18 - Расчетная схема главных балок сферической крыши в виде трехшарнирной арки

Угол α в зависимости от соотношения радиусов R и R_{cf} :

$$\sin \alpha = \frac{R}{R_{cf}}, \quad \alpha = \arcsin \frac{R}{R_{cf}} = \arcsin \frac{14.25}{45} = 18.46^\circ.$$

Высота купола f резервуара из геометрических соотношений:

$$f = R_{cf} - R_{cf} \cdot \cos \alpha; \quad f = R_{cf} - R_{cf} \cdot \cos \alpha = 45 - 45 \cdot \cos 18.46^\circ = 2.315 \text{ м.}$$

5.1 Определение нагрузки на главную балку

При симметричной схеме нагружения каждая из главных балок воспринимает ту часть нагрузки, которая приходится на один сектор круговой проекции крыши на горизонтальную плоскость. Количество секторов крыши равно количеству главных балок. В силу геометрических особенностей изменение нагрузки на главную балку от центра крыши до опоры на стенку пропорционально длине дуги, с которой собираются нагрузки (рис. 1). Поэтому интенсивность вертикальной нагрузки на главную балку линейно возрастает от нуля в центре до $q(R)$ в крайних точках при опирании на стенку.

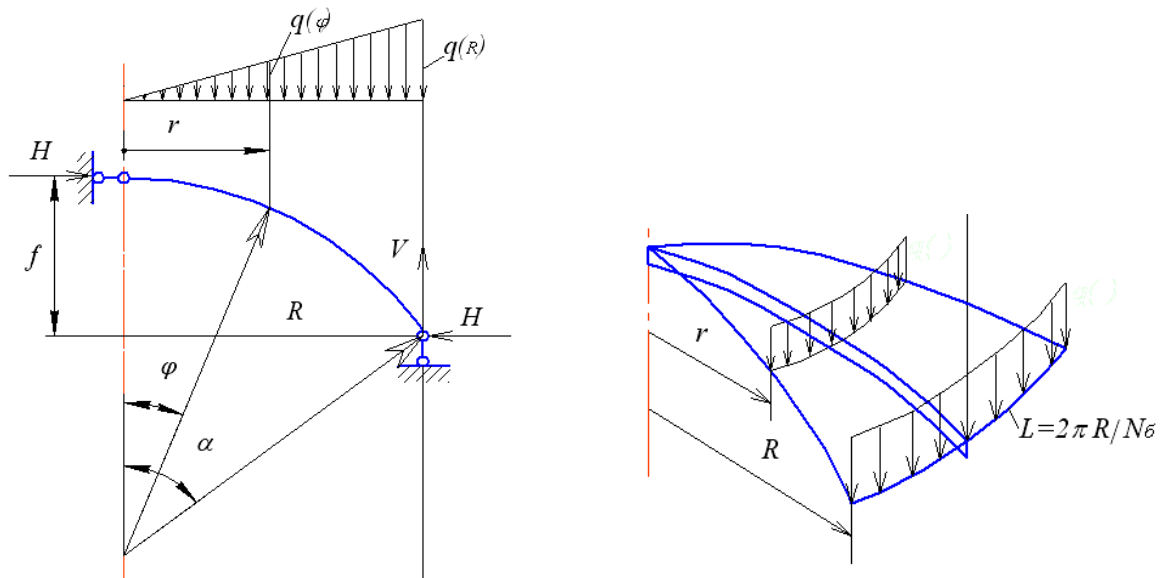


Рисунок 19 - Расчетная схема главной балки сферической крыши вертикального резервуара

Эпюра нагрузок на главную балку $q(R)$:

$$q(R) = p \cdot \frac{L}{n_6} = (p_{кр} + p_{сн} + p_{вак}) \cdot \frac{2\pi R}{n_6}.$$

$$p_{кр} = n_3 \cdot p_{кр}^H = 1,05 \cdot 0,55 = 0,605 \text{ кН} / \text{м}^2;$$

$$p_{кр} = n_3 \cdot p_{кр}^H = 1,05 \cdot 0,45 = 0,4725 \text{ кН} / \text{м}^2;$$

$$p_{сн} = n_{сн} \cdot \mu \cdot S_g = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 3,2 = 2,304 \text{ кН} / \text{м}^2;$$

где, $n_{сн}$ - 0,9 - коэффициент условия работы, п.6.1.6.2 ГОСТ 31385,

μ - 0,8 - коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к весу снегового покрова на покрытие сферической крыши резервуара;

$$p_{вак} = n_2 \cdot p_{вак}^H = 1,2 \cdot 0,25 = 0,3 \text{ кН} / \text{м}^2.$$

$$q(R) = (0,4725 + 2,304 + 0,3) \cdot 2\pi \cdot 14,25 / 28 = 9,83 \text{ кН} / \text{м}^2.$$

5.2 Определение реакций опор

Вертикальная реакция V и распор H

Сумма проекций сил на вертикальную ось равна нулю:

$$\Sigma n p F = 0,$$

$$V - \frac{1}{2} q(R) \cdot R = 0,$$

$$V = \frac{1}{2} q(R) \cdot R = \frac{1}{2} \cdot 9,83 \cdot 14,25 = 70,03 \text{ кН}.$$

Сумма моментов относительно правой опоры равна нулю:

$$\Sigma m = 0,$$

$$H \cdot f - \frac{1}{2} q(R) \cdot R \cdot \frac{1}{3} R = 0.$$

$$H = 1/3 \cdot 70,03 \cdot 14,25 / 2,315 = 143,56 \text{ кН}.$$

5.3 Определение изгибающих моментов в поперечных сечениях главных балок

Уравнение изгибающих моментов как функция от угла φ , определяющего положение поперечного сечения (рис. 2):

$$M(\varphi) = -H \cdot f + \frac{1}{2} q(\varphi) \cdot R_{c\varphi} \cdot \sin \varphi \cdot \frac{1}{3} R_{c\varphi} \cdot \sin \varphi,$$

$$q(\varphi) = \frac{R_{c\varphi}}{R} q(R) \cdot \sin \varphi.$$

$$M(\varphi) = -H \cdot R_{c\varphi} + H \cdot R_{c\varphi} \cdot \cos \varphi + \frac{1}{6} q(R) \cdot \frac{R_{c\varphi}^3}{R} \cdot \sin^3 \varphi.$$

Эпюра изгибающих моментов $M(\varphi)$ (рис.3).

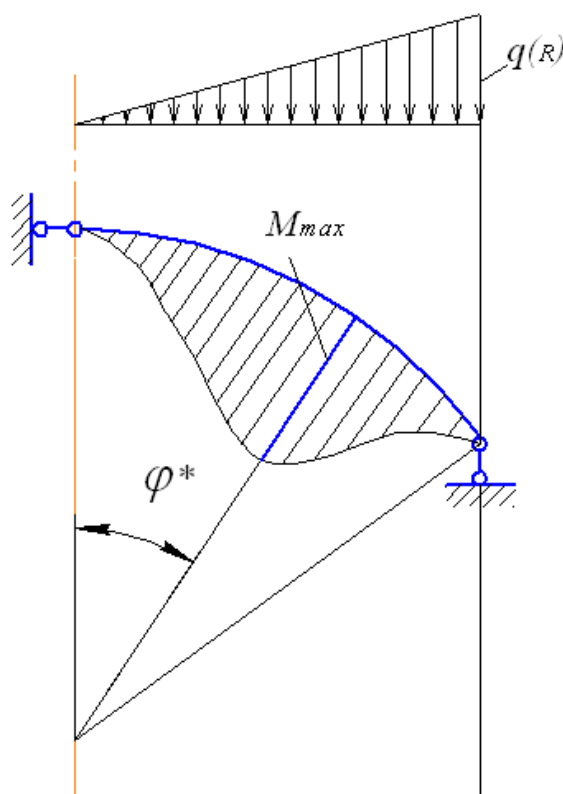


Рисунок 20 - Эпюра изгибающего момента в поперечных сечениях главной балки.

Определяем наиболее опасное сечение с максимальным изгибающим моментом.

Находим угол φ^* , определяющий положение сечения, в котором изгибающий момент максимальный. Для определения максимального изгибающего момента Производную $\frac{dM(\varphi)}{d\varphi}$ приравняем к нулю:

$$\frac{dM(\varphi)}{d\varphi} = -H \cdot R_{c\varphi} \cdot \sin \varphi + \frac{1}{6} q(R) \frac{R_{c\varphi}^3}{R} 3 \cdot \sin^2 \varphi \cdot \cos \varphi;$$

$$\frac{dM(\varphi^*)}{d\varphi} = 0;$$

$$-H \cdot R_{c\varphi} \cdot \sin \varphi^* + \frac{1}{2} q(R) \frac{R_{c\varphi}^3}{R} \cdot \sin^2 \varphi^* \cdot \cos \varphi^* = 0;$$

$$-H + \frac{1}{4} q(R) \frac{R_{c\varphi}^2}{R} \cdot \sin 2\varphi^* = 0.$$

Определяем угол φ^* :

$$\sin 2\varphi^* = \frac{4 \cdot H \cdot R}{q(R) \cdot R_{c\varphi}^2},$$

$$\sin 2\varphi = 4 \cdot 143,56 \cdot 14,25 / 9,083 \cdot 45^2 = 0,41108,$$

$$\sin 2\varphi = 24,27^\circ; \varphi = 12,135^\circ.$$

Определяем максимального изгибающего момента при угле φ^*

$$M_{max}(\varphi^*) = -H \cdot R_{c\varphi} (1 - \cos \varphi^*) + \frac{1}{6} q(R) \cdot \frac{R_{c\varphi}^3}{R} \cdot \sin^3 \varphi^*.$$

$$M_{\max} (\varphi = 12,135^\circ) = -143,56 \cdot 45 \cdot (1 \cos \varphi 12,135^\circ) + 1/6 \cdot 9,83 \cdot 45^3 / 14,25 \cdot \sin^3 12,135^\circ = -47,76 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Для изготовления главных балок кровли резервуара принята двутавровая балка 25 Б1, Марка стали (класс) С255

Для стали С255 нормативное расчетное сопротивление. $R_y = 370 \text{ Мпа}$, табл. В4, СП 16.13330.2017

Предельное состояние для главной балки:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \leq \gamma_c \cdot R_y,$$

где $\gamma_c = 0,8$ – коэффициент условий работы;

W_x – момент сопротивления стандартного прокатного двутаврового сечения.

Расчетное сопротивление стали

$$R_y = R_y^H / \gamma_m \cdot \gamma_n = 370 / 1,025 \cdot 1,15 = 313,89 \text{ Мпа},$$

где $\gamma_m = 1,025$ – коэффициент надежности по материалу;

$\gamma_n = 1,15$ – коэффициент надежности по назначению.

Определяем значение момента сопротивления W_x , удовлетворяющее условию прочности:

$$W_x \geq M_{\max} / \gamma_c \cdot R_y = 47,76 / 0,8 \cdot 313,8 \cdot 10^3 = 190 \cdot 10^{-6} = 190 \text{ см}^3.$$

Для изготовления кровли для главных балок принят двутавр с параллельными полками 25 Б1 СТО АСЧМ20-93 с моментом сопротивления $W_x = 285,3 \text{ см}^3$. Условие выполняется

$$W_x = [285,3] \text{ см}^3 \geq W_x = 190 \text{ см}^3.$$

5.4 Расчет поперечной балки кровли

Необходимо определить номер прокатного профиля – поперечного сечения балки настила. Наиболее нагруженной является самая длинная балка настила, при условии равномерной нагрузки на крышу.

Проверяем балку, наиболее удаленную от центра (рисунок 21). Ее длина составляет 2,745 м. (Размер принят по чертежам КМД на кровлю)

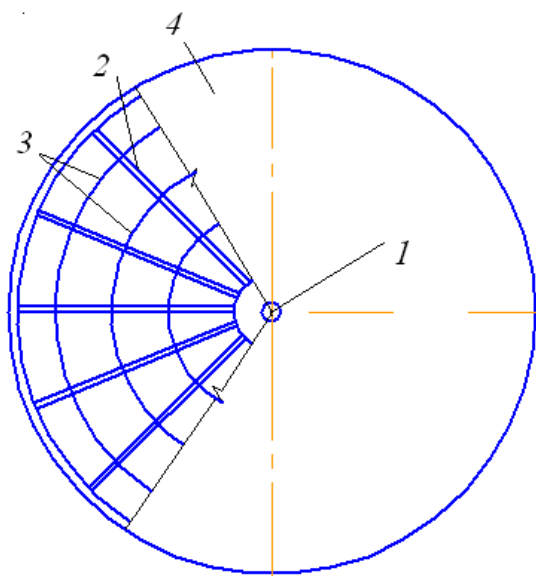


Рисунок 21 - Конструкция сферической крыши:

1 – центральный щит (центральное кольцо); 2 – главная балка; 3 – поперечные балки настила; 4 – настил

Определяем максимальный изгибающий момент, определяем интенсивность распределенной нагрузки:

$$q = p \cdot l^* = (0,4725 + 2,304 + 0,3) \cdot 1,49 = 4,58 \text{ кН/м} .$$

где l^* – радиальное расстояние между балками настила.

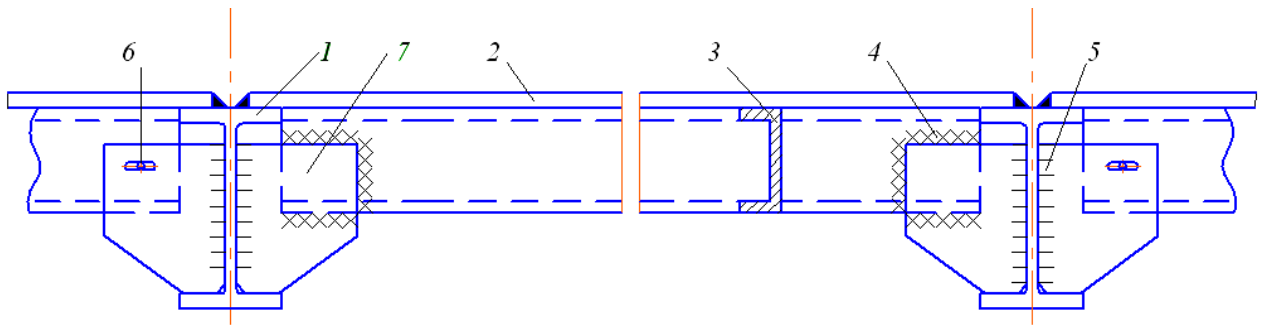


Рисунок 22 - Конструкция соединения балки настила с главными балками:

- 1 – двутавровая главная балка; 2 – настил; 3 – поперечная балка настила;
 4 – монтажный угловой шов; 5 – заводской угловой шов;
 6 – отверстие под монтажный болт; 7 – фасонка

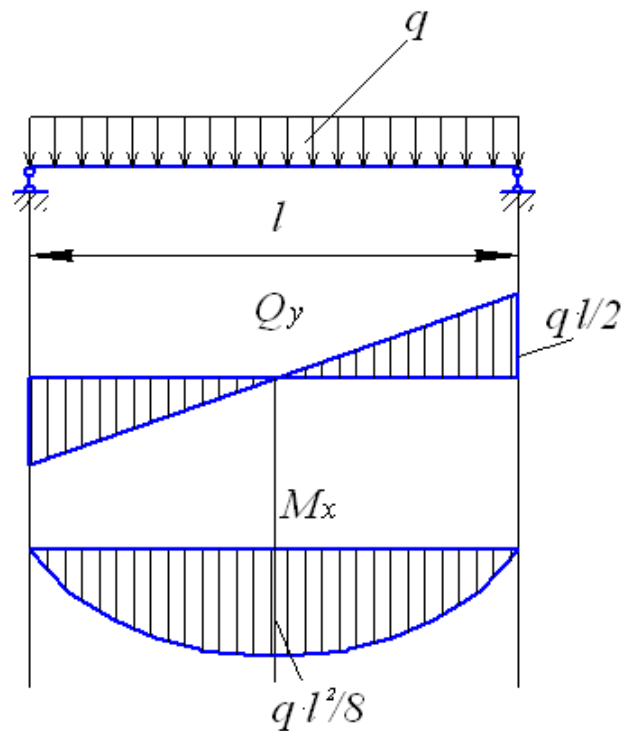


Рисунок 23 - Расчетная схема поперечной балки настила.

Для выбранной расчетной схемы определяем наибольший изгибающий момент:

$$M_{\max} = q \cdot l^2 / 8 = 4,58 \cdot 2,745^2 / 8 = 4,31 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Размер поперечного сечения швеллера определяем из условия

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x} \leq \gamma_c \cdot R_y.$$

$$W_x \geq M_{max}/\gamma_c \cdot R_y = 4,31/0,8 \cdot 313,8 \cdot 10^3 = 31,4 \cdot 10^6 = 17,1 \text{ см}^3.$$

Для поперечной балки кровли выбран уголок 110*8 ГОСТ 8509 Углови стальные горячекатаные $W_x = 24,77 \text{ см}^3$.

$$W_x = [24,77] \text{ см}^3 \geq W_x = 17,1 \text{ см}^3.$$

Расчет настила сферической крыши

Расчет настила производим для прямоугольной пластины, шарнирно опертой по краям.

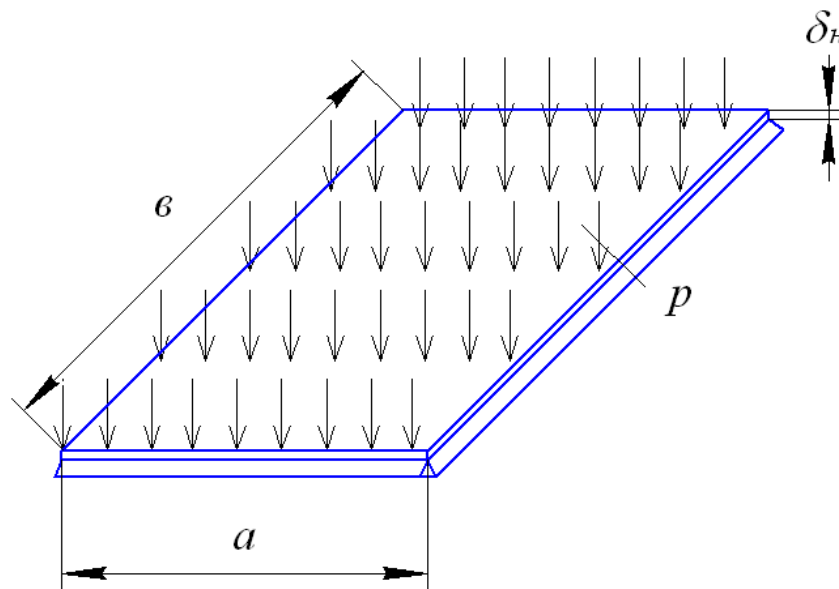


Рисунок 24 - Расчетная схема настила

При определении давления от собственного веса настила предварительно задаемся толщиной листа настила $\delta_n = 5 \text{ мм}$:

$$p_{наст} = \gamma_{ст} \cdot \delta_n = 78,5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,39 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}.$$

Определяем давление на пластину:

$$P = p_{наст} + p_{сн} + p_{вак} = 0,39 + 2,304 + 0,3 = 2,994 \text{ кН/м}^2.$$

Размеры a и b выбираются для наибольшей пластины:

$$a=1,49 \text{ м}, b= 3,18$$

Наибольший изгибающий момент

$$M_{max} = \beta \cdot p \cdot a^2,$$

прогиб в центре пластины

$$W_{max} = \alpha \frac{p \cdot a^4}{E \cdot \delta_n^3},$$

где α, β – коэффициенты, выбираемые по таблице 6. в зависимости от соотношения размеров пластины.

Таблица 6 - Коэффициенты для расчета прямоугольной пластины.

b/a	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
α	0,0433	0,0616	0,0770	0,0906	0,1017	0,1106
β	0,0479	0,0626	0,0753	0,0862	0,0948	0,1017

Для выбранного отношения размеров пластины $b/a= 3,18/1,49=2,13$ по таблице выбираем $\alpha=0,1106$, и $\beta=0,1017$.

Изгибающий момент:

$$M_{max} = \beta \cdot p \cdot a^2 = 0,1017 \cdot 2,994 \cdot 1,49^2 = 0,675 \text{ кНм/м}$$

Из условия:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} = \frac{6 \cdot M_{max}}{\delta_n^2} \leq \gamma_c \cdot R_y$$

Получаем расчетную толщину настила:

$$\delta_n \geq \sqrt{\frac{6 \cdot M_{max}}{\gamma_c \cdot R_y}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 1,1}{0,8 \cdot 293 \cdot 10^3}} \approx 5,3 \text{ мм.}$$

$$\delta_n = \sqrt{6 \cdot M_{max} / \gamma_c \cdot R_y} = \sqrt{6 \cdot 0,675 / 0,8 \cdot 313,89 \cdot 1000} = 4,01 \text{ мм}$$

Для изготовления кровли принята толщина настила $\delta=5$ мм.

Максимальный прогиб настила

$$W_{max} = \alpha \frac{p \cdot a^4}{E \cdot \delta_n^3} = 0,0982 \frac{2,79 \cdot 3,5^4}{2,1 \cdot 10^8 \cdot 6^3 \cdot 10^{-9}} \approx 0,9 \text{ мм.}$$

$$W_{max} = \alpha \cdot p \cdot a^4 / E \cdot \delta_n^3 = 0,1106 \cdot 2,79 \cdot 1,49^4 / 2,1 \cdot 10^8 \cdot 5^3 \cdot 10^{-9} = 1,03 \text{ мм.}$$

При изменении проектного радиуса главных балок на 60 мм, изменится внутренний радиус сферы на величину отклонения.

$R_{cf} = 44,94$ м – радиус сферической крыши;

$$\sin 2\varphi = 4 \cdot 143,56 \cdot 14,25 / 9,083 \cdot 44,94^2 = 0,41219,$$

$$\sin 2\varphi = 24,34^\circ; \varphi = 12,171^\circ.$$

Максимальный изгибающий момент:

$$M_{max} (\varphi = 12,135^\circ) = -143,56 \cdot 44,94 \cdot (1 \cos \varphi 12,135^\circ) + 1/6 \cdot 9,83 \cdot 44,94^3 / 14,25 \cdot \sin^3 12,135^\circ = -47,6 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Определяем значение момента сопротивления W_x , удовлетворяющее условию прочности при изменении радиуса сферы

$$W_x \geq M_{max} / \gamma_c \cdot R_y = 47,6 / 0,8 \cdot 313,8 \cdot 10^3 = 190 \cdot 10^{-6} = 189 \text{ см}^3.$$

Сравнивая полученные данные можно сделать вывод, что изменение проектного радиуса сферической кровли вертикального резервуара РВС-10000 м³ на 60 мм, практически не влияют на максимальный изгибающий момент, при проектном радиусе момент -47,76 кН·м., а при изменении радиуса на 60 мм - 47,6 кН·м.,

Расчет момента сопротивления также сильно не отличается, при проектном радиусе момент 190 см³, а при изменении радиуса сферы 189 см³. Для изготовления главных балок принят двутавр 25 Б1 с моментом 285 см³, с запасом прочности в 1,5 раз.

Для изготовления главных балок применен двутавр 25 Б1 с фактическим временным сопротивлением 450 МПа согласно Сертификата качества 70507, а в расчетах нормативное расчетное сопротивление $R^H_y=370$ МПа, также присутствует запас прочности.

Изменение проектного радиуса на 60мм для таких больших радиусов как R45 000 мм, не существенно не влияет и на накопление снега, форма кровли будет способствовать выдуванию снега при наличии ветра.

ВЫВОД. При прогнозировании остаточного ресурса резервуара необходимо было учесть виды дефектов, которые возникли в процессе его эксплуатации, а также все виды нагрузок, которые он испытывает: собственный вес элементов его конструкции; снеговые нагрузки, воздействие высоких и низких температур; ветровые нагрузки.

Необходимо учитывать, что со временем эти характеристики могут изменяться. В данной работе проведен математический анализ возможности эксплуатации крыши резервуара с эксплуатационными дефектами. Данный анализ проводился с помощью программы Solidworks. При этом учитывались основные виды нагрузок: снеговые нагрузки, воздействие высоких и низких температур; ветровые нагрузки.

Для проведения расчетов в программном комплексе SolidWorks было проведено моделирование геометрии конструкции с учетом всех эксплуатационных нагрузок: снеговые нагрузки, воздействие высоких и низких температур; ветровые нагрузки.

По результатам расчетов изменение проектного радиуса на 60 мм не повлияло на прочность несущих балок резервуара.

6. Расчет напряжения главных балок настила РВС 10000м³

6.1 Характеристика конструкции резервуара – 10000 м³

Резервуары вертикальные РВС-10000 применяются для хранения, приема и отпуска нефтепродуктов, щелочей, химических веществ, дизельного топлива, воды и других жидкостей. Конструкция данного резервуара представлена на рисунке 25.

РВС-10000 поставляются следующих модификаций:

- со стационарной крышей
- с плавающей крышей
- с понтоном
- двустенный (или с защитной стенкой)

Металлоконструкции производятся из различных марок сталей в зависимости от условий эксплуатации: из малоуглеродистой, низколегированной или нержавеющей стали.

Конструкция резервуара РВС-10000

Конструктивные элементы резервуара объёмом 10000 м³:

- коническое днище,
- цилиндрическая стенка,
- стационарная крыша из рулонных заготовок или сборных щитов,
- лестница и площадка,
- технологическое оборудование.

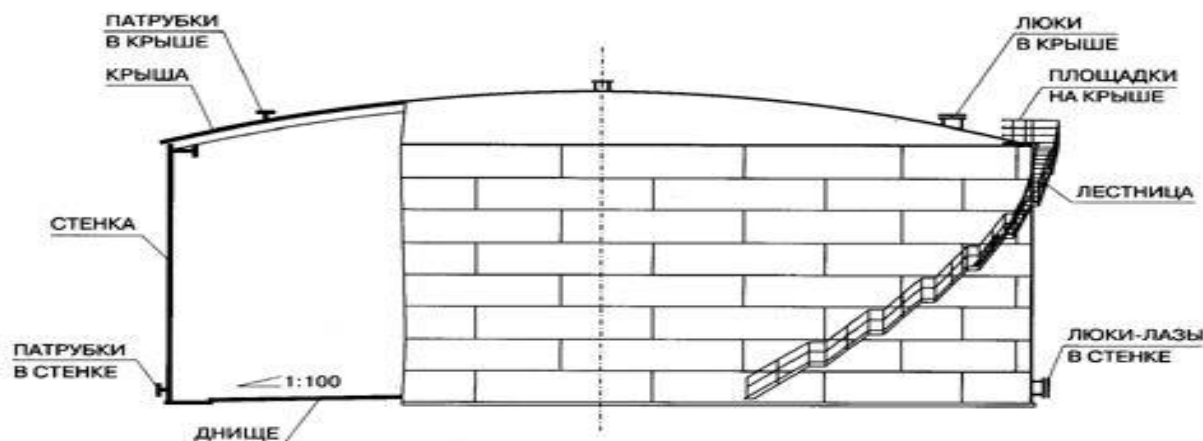


Рисунок 25 - Конструкция резервуара РВС-10000.

Таблица 7. Технические характеристики РВС 10000м³.

Параметры	Значения	
Объем, м ³	10000	
Диаметр, мм	34200	28500
Высота, мм	12000	17880
Днище резервуара РВС-10000		
Толщина, мм:		
центральной части	5	5
окраек	8	10
Количество окраек	18	16
Расход стали, кг	40712	30698
Стенка резервуара РВС-10000		
Количество поясов	8	12
Толщина поясов, мм:		
верхнего	8	8
нижнего	9	12
Расход стали, кг	84330	112450
Масса конструкций резервуара РВС-10000, кг:		
стенка	86722	120924
днище	42149	30898
крыша	78607	54648
лестница	6023	1680
площадки на крыше	1214	5019
люки и патрубки	2595	2595
комплектующие конструкции	2986	2986
каркасы и упаковка	14000	21484
Всего, кг	234346	240243

6.2. Построение 3Д модели РВС 10000 м³

С помощью программы Solidworks построили 3Д модель РВС 10000 м³ согласно приведенным проектным данным соответствующего ГОСТа РФ.

На рисунке 26 можно увидеть изображения резервуара марки РВС 10000 м³, который состоит из:

- коническое днище,
- цилиндрическая стенка,
- двух товарные балки (главные балки)

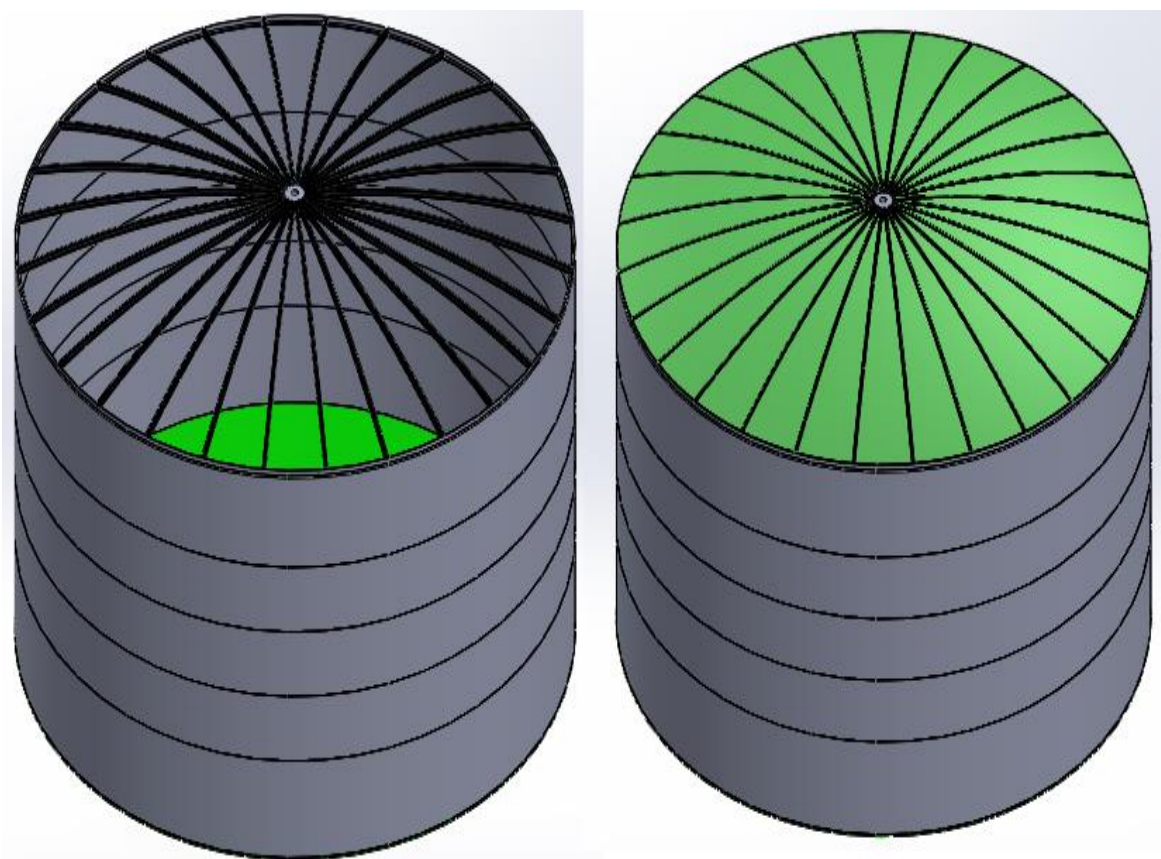


Рисунок 26 – Рисунок 3Д модели резервуара РВС 10000 м³

Построили двутавровую главную балку для нашего резервуара, использовали двутавровую балку 25Б1, марка стали (класс) С255, которая

используется во многих сферах, имеет наиболее универсальные физические характеристики(Таблица 8). Может работать на восприятие нагрузок на изгиб, отлично воспринимает усилия на сжатие.

Технические характеристики Балки двутавровой 25Б1

Таблица 8 - Технические характеристики Балки двутавровой 25Б1

Высота, мм	248
Ширина, мм	124
Толщина полки, мм	8
Толщина, мм	5
Сталь	С255
ГОСТ / ТУ	АСЧМ 20-93
Полки	параллельные
Тип балки	нормальная

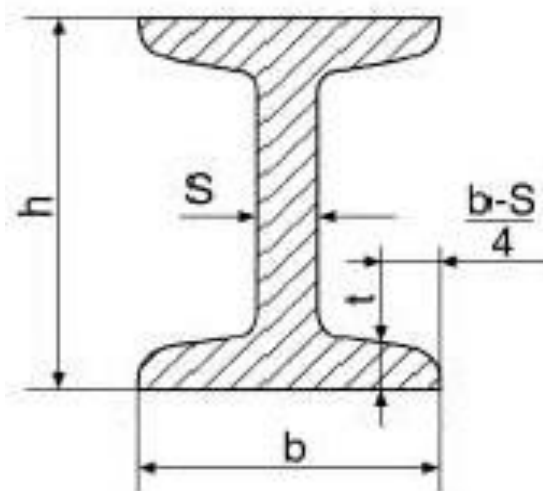


Рисунок 27- Двутавровая балка

На рисунке 28 можно увидеть изображения главной балки сферической крыши вертикального резервуара с длиной 14м.



Рисунок 28 - Главная балка сферической крыши вертикального резервуара

6.3 Расчёт НДС резервуара с использованием программы Solidworks

Вертикальные стальные резервуары являются одними из наиболее важных объектов в системе добычи и трубопроводного транспорта нефти. Для оценки технического состояния и индивидуального остаточного ресурса выполняется периодическое диагностирование резервуаров.

В практике ремонтов до 70% вертикальных стальных резервуаров требуют исправления геометрии крыша, стенки и днища, которые превышают регламентированные нормативной документацией значения. Для достоверной оценки влияния этих дефектов на эксплуатационную надежность резервуаров необходимо построение модели резервуара, реально отражающую его геометрию (Рисунок 26).

Поскольку вертикальные стальные резервуары для хранения нефти относятся к повышенному уровню ответственности сооружений в соответствии с Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и ГОСТ Р 54257 –2010 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования», утвержденным приказом Росстандарта от 23 декабря 2010 г. № 1059ст., в настоящее время особое внимание уделяется вопросам обеспечения работоспособного состояния длительно эксплуатируемого оборудования, их текущей безопасной эксплуатации, а также определения и продления их остаточного ресурса, в том числе и с учетом изменившихся рабочих условий. Очевидно, что вертикальные стальные резервуары является наиболее потенциально опасными, и требуют к себе пристального внимания с точки зрения обеспечения безопасности эксплуатации.

В качестве объекта выбран вертикальный стальной резервуар для хранения нефти объемом 10000 м³, на Верхнечонском месторождении, расположенном в Иркутской области: максимальная допустимая нагрузка там, где стенки резервуара 9830 Н/М.

Выбираем Марку стали (класс) С255, но по ГОСТам, если программа Solidworks в английской версии, то можно использовать ASTM International (Американское общество по испытанию материалов). Как выбрали материал С36 изображено на рисунке 29.

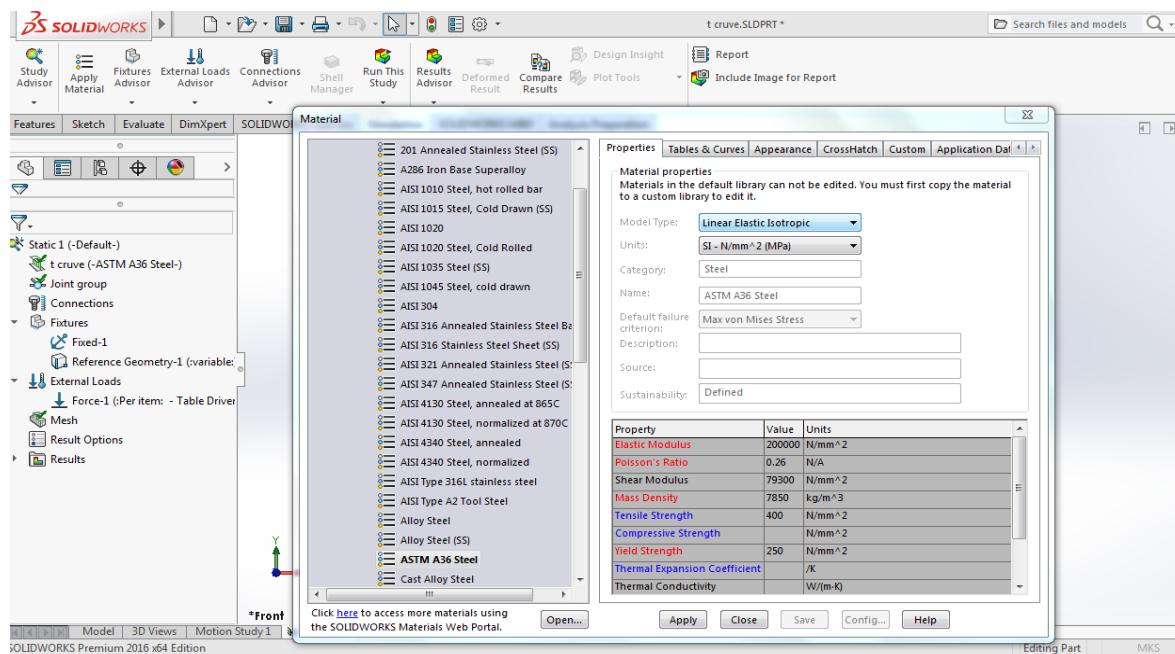


Рисунок 29 - Выбор марки стали.

В дереве исследования выбрали «зафиксированная геометрия».

Граничные условия в программном комплексе SolidWorks разделены на категории: ограничения степеней свободы, силы, поверхностные нагрузки, объемные силы, инерционные нагрузки.

В рассматриваемой задаче ограничением степеней свободы было зафиксированное закрепление Главную балку сферической крыши вертикального резервуара (рисунок 30).

При выполнении фиксации задали внешнюю нагрузку и у нас в данном объекте максимальная нагрузка там, где стенки резервуара 9830 Н/М, это видно на рисунке 30.

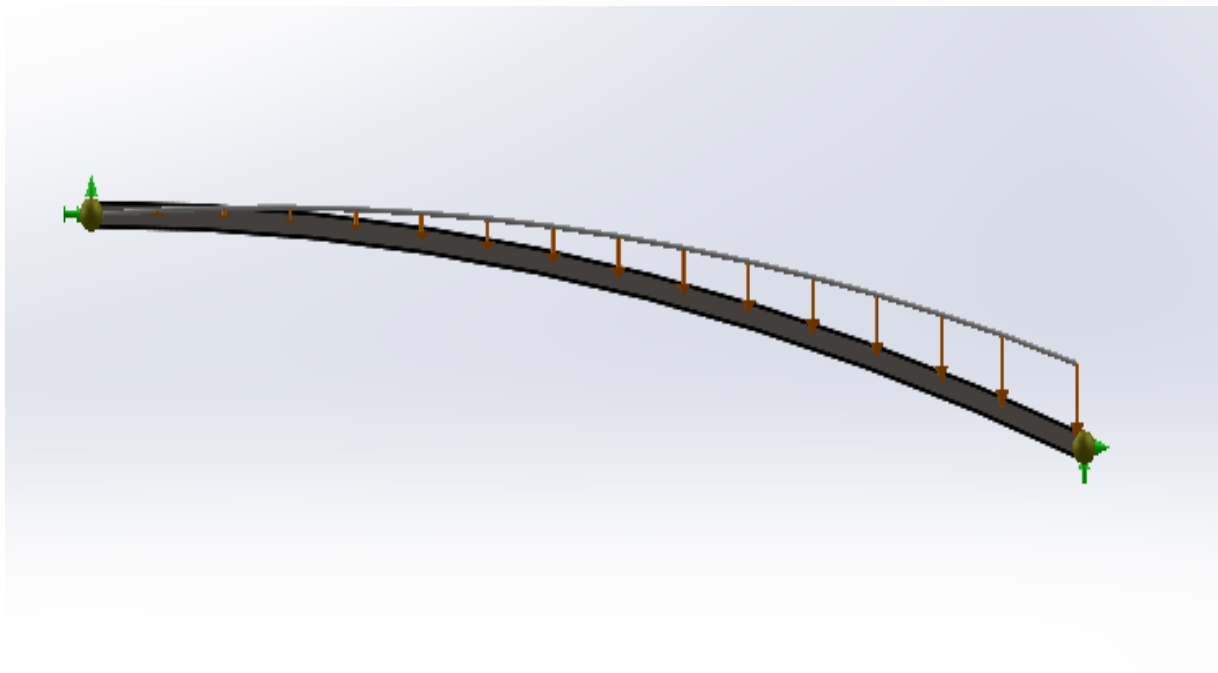


Рисунок 30 - Зафиксированная геометрия

После выполнения статического анализа были получены результаты распределения напряжения.

6.3.1. Схема распределения напряжения по данной двутавровой балки

Справа на рисунке 31 видна шкала, на которой цветом обозначены значения действующих в модели напряжений и соответственно красным цветом у нас обозначено более напряжённое состояние материала, а синим цветом менее напряжённое состояние материала.

У нас указано, что предел текучести нашего материала S_T (Yield Tensile) = 250 МПа, и видно, что максимальное напряжение, которое возникает в нашем материале, оно меньше, чем предел текучести материала.

$$\sigma_{max} = 142.6 \text{ МПа} \ll S_T(\text{Yield Tensile}) = 250 \text{ МПа}$$

Таким образом сделаем вывод о том, что наша двутавровая балка выдержит заданную нагрузку.

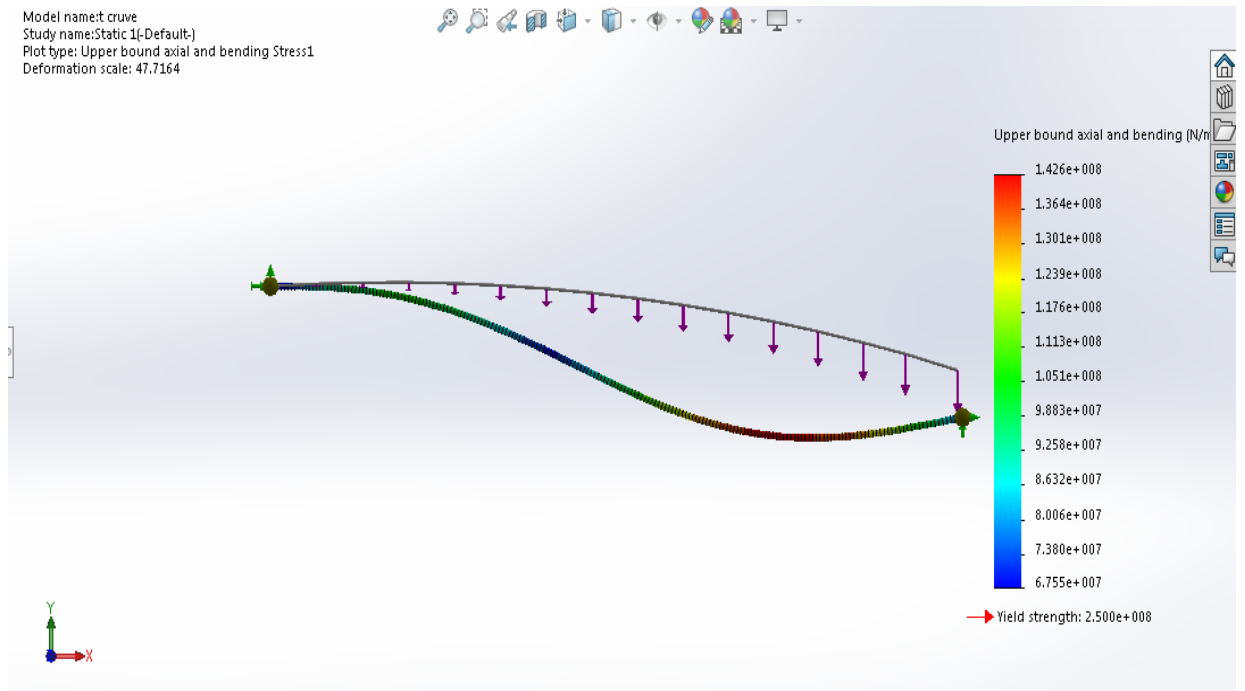


Рисунок 31 - Схема напряжения балки

6.3.2. Схема перемещения

На рисунке 32 была получена другая шкала и данный результат позволяет проанализировать перемещение точек детали от исходного состояния. Также из рисунка видно, что у нас максимальное смещение $\varepsilon = 30.73\text{мм}$ и соответственно красным цветом в нашей шкале отображается наибольшее перемещение нашей двутавровой балки от исходного состояния, а синим наименьшее перемещение.

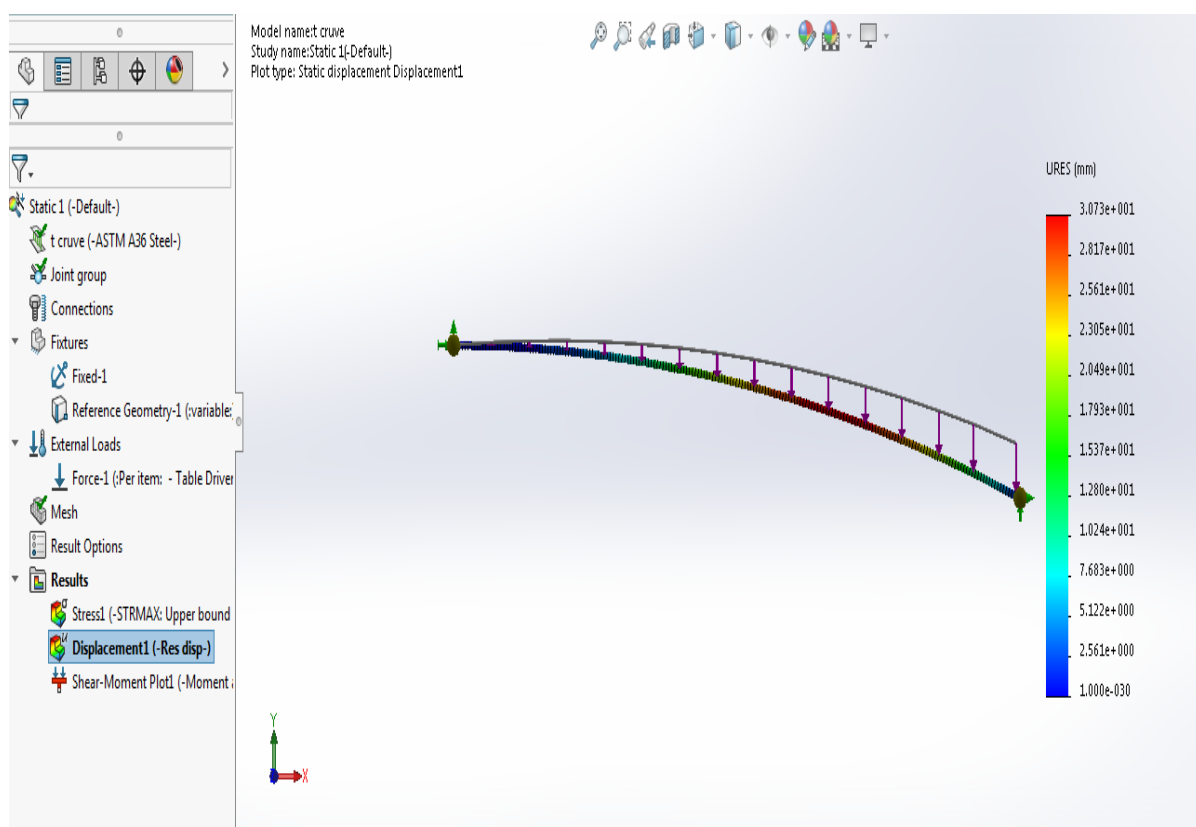


Рисунок 32 - Схема перемещения.

6.3.3 Схема изгибающего момента

На рисунке (33,34) изображена схема изгибающего момента нашей двутавровой балки из которой следует, что изгибающий момент нашего материала $M_{\text{изгиб}_{max}} = 228.24$, и видно, что максимальный изгибающий момент, который возникает в нашем материале меньше, чем предел изгибающего момента материала.

$$M_{max} = -20.29 \text{ кН. м} \ll M_{\text{изгиб}_{max}} = 228.24$$

Тогда сделаем вывод о том, что наша двутавровая балка выдержит все заданные нагрузки на данном резервуаре и отклонение не влияет на срок службы и эксплуатацию.

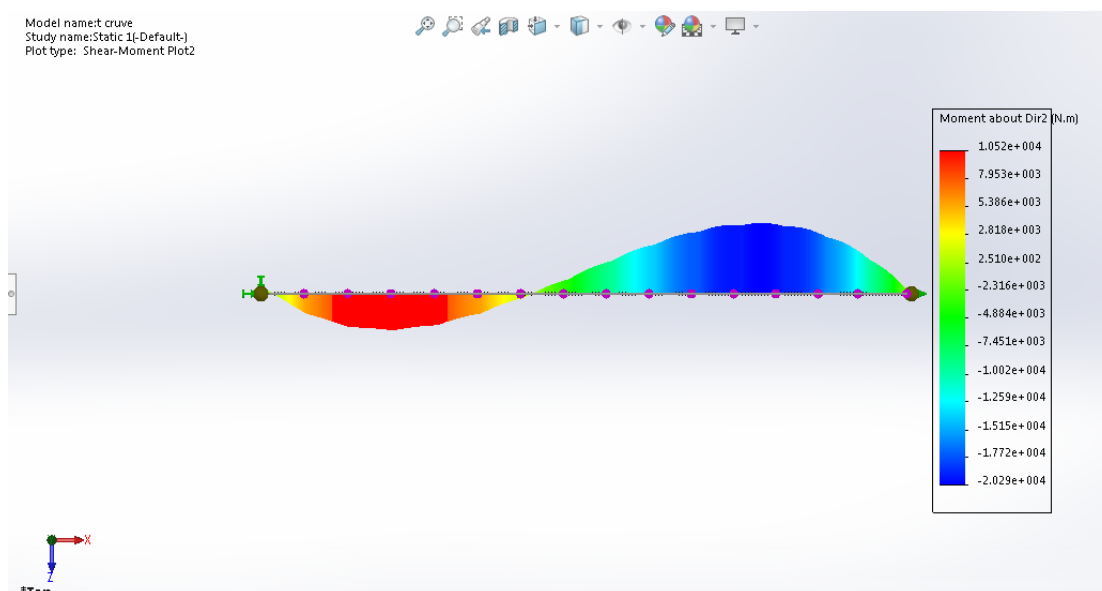


Рисунок 33 - Схема изгибающего момента.

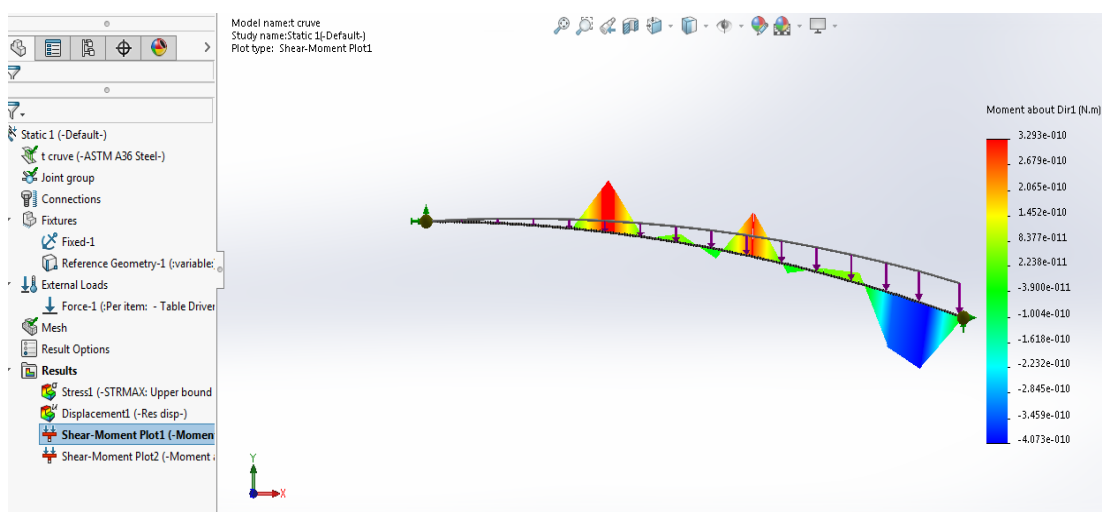


Рисунок 34 - Схема изгибающего момента.

Анализ результатов расчетов НДС резервуара с учетом отклонения от от проектного радиуса сферической крыши до 60 мм, и при данные нагрузки не повлияло на прочность несущих балок резервуара.

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

7.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт: Резервуар вертикальный стальной 10000 м³

Целевой рынок: нефтяные и газовые компании (Таблица 9).

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

Таблица 9. Целевой рынок: нефтяные и газовые компании.

 - «Роснефть»  - «Сургутнефтегаз»  -«Транснефть»

На основе расчетов и трехмерной модели ведется конструирование, учитываются все просчеты.

7.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

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

Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

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

Б_Ф – Резервуар вертикальный стальной;

Б_{к1} – Резервуар вертикальный стальной с понтоном;

Б_б – Резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей.

По таблице 2 видно, что наиболее эффективно использовать резервуар вертикальный стальной, так же он является наиболее конкурентоспособным к другому виду, так как обладает рядом преимуществ, например, удобство в эксплуатации, а также минимальное количество подвижных частей, что обеспечивает долговечность работы резервуара.

$$K1 = \frac{43}{33} = 1,3 \quad (15)$$

7.3. SWOT – анализ

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

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

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 3, таблице 4, таблице 5, таблице 6.

Таблица 11 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C1C2, B2C3.

Таблица 12 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	0
	B2	-	0	-
	B3	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: В1Сл1.

Таблица 13 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	+	+	-	0
	У2	-	-	-	-
	У3	+	+	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1У3С1С2.

Таблица 14 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	-	0
	У2	-	0	-
	У3	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1Сл1.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 15).

Таблица 15 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-

	<p>С1. Высокая экономичность технологии.</p> <p>С2. Экономичность технологии.</p> <p>С3. Повышение безопасности производства.</p> <p>С4. Уменьшение затрат на ремонт оборудования</p>	<p>исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Трудность внедрения функции. Сл2. Отсутствие на предприятии собственного специалиста, способного произвести внедрение функции.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Повышение эффективности работы предприятия за счет модернизации.</p> <p>В2. Сокращение расходов.</p> <p>В3. Качественное обслуживание потребителей.</p> <p>В4. Сокращение времени простоев.</p>	<p>– Достижение повышения производительности агрегатов.</p> <p>– Исключение поломок оборудования в результате сбоев в электроснабжении.</p> <p>– Своевременная поставка нефти и природного газа потребителям.</p>	<p>1. Поиск заинтересованных лиц</p> <p>2. Разработка научного исследования</p> <p>3. Принятие на работу квалифицированного специалиста.</p> <p>4. Переподготовка имеющихся специалистов</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1:Отсутствие спроса на новые производства;</p> <p>У2:Снижение бюджета на разработку;</p> <p>У3:Высокая конкуренция в данной отрасли.</p>	<p>1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>2. Доработка проекта</p> <p>3. Сложность реализации проекта</p>	<p>1. Приобретение необходимого оборудования опытного испытания</p> <p>2. Остановка проекта.</p> <p>3. Проведения других проектов</p>

7.4. Планирование работ

Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, состоящая из 2-х человек: руководитель и исполнитель.

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение обязанностей по данным видам работ приведен в таблице 16.

Таблица 16 – 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 и обоснование	Исполнитель
	6	Проектирование модели и проведение экспериментов	Исполнитель
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, Исполнитель
Оформление отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, Исполнитель

Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого(среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{2t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (16)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (17)$$

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

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot K_{кал}, \quad (18)$$

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

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

$K_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (19)$$

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

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

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

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в таблице 17.

Таблица 17 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} ,	t_{max} ,	$t_{\text{ож}}$,			
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
Проектирование 3D модели резервуара	3	12	6,6	Исполнитель	7	9

Оценка результатов исследования	3	5	3,8		2	3
Составление пояснительной записки	7	16	11,4	Руководитель, Исполнитель	6	8

На основе таблицы 17 строим план график, представленный в таблице 18.

Таблица 18 - Календарный план график проведения НИР по теме

№	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ													
				Фев.		Март			Апрель			Май					
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Составление и утверждение задания и тех. задания	Р	3														
2	Подбор и изучение материалов по теме	И	18														
3	Согласование материалов по теме	Р	9														
4	Календарное планирование работ по теме	Р, И	3														
5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	И	15														
6	Проектирование 3D модели резервуара	И	10														
7	Оценка результатов исследования	Р, И	3,8														
8	Составление пояснительной записки	Р, И	9														

■ - руководитель □ - исполнитель

Бюджет научно-технического исследования

Материальные затраты включают затраты на изготовление опытного образца. Все необходимое спецоборудование и затраты на его приобретение представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Смета затрат на реализацию проекта

Оборудование	Количество, шт.	Цена за шт., руб.	Стоимость комплекта, руб.
Резервуар вертикальный стальной (при исполнении 1)	1	850000,00	850000,00
Резервуар вертикальный стальной с понтоном(при исполнении 2)	1	1250000,00	1250000,00
Резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей(при исполнении 3)	1	1200000,00	1200000,00
Люк лаз ЛЛ-600 (или люк лаз овальный ЛЛ 600х900) в первом поясе стенки	1	16301,60	16301,60
Люк световой ЛС-500	1	83751,36	83751,36
Клапан дыхательный с огнепреградителем КДС-1500/250	2	15778,16	31556,32
Огнепреградитель ОП-500 ААН	1	80012,46	80012,46
Патрубки вентиляционные ПВ-500	1	80984,57	80984,57
Патрубок приемно-раздаточный ППР-400	1	18470,17	18470,17
Патрубок монтажный ПМ-500	1	46287,58	46287,58
Генератор пены ГПСС-2000	2	10917,59	21835,18
Кран сифонный КС-80	1	58625,95	58625,95
Пробоотборник секционный ПСР	1	40081,01	40081,01
Механизм управления хлопушкой МУ-2	1	160270,99	160270,99
Патрубок монтажный ПМ-150	3	882,56	2647,68
Хлопушка ХП-400	1	81283,69	81283,69
Итого:			При исполнении 1: 2872108,56

	При исполнении 2: 3272108,56
	При исполнении 3: 3222108,56

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

Затраты на покупку компьютера:

$$Z = d_k + d_{no} = 25000 + 3000 = 28000, \quad (20)$$

где d_k – стоимость компьютера;

d_{no} – стоимость программного обеспечения.

Установка специальных программ для исследования и моделирования объекта производится бесплатно.

Основная заработная плата исполнителей темы

Настоящая статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением научно-технического исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_n = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (21)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

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

$$Z_{осн} = T_p \cdot Z_{дн}, \quad (22)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{51413 \cdot 10,1}{185} = 2661 \text{ руб.}, \quad (23)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5- дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6- дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 20 – Баланс рабочего времени

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_o) \cdot k_p = 23264 \cdot (1 + 0,3 + 0,4) \cdot 1,3 = 51413, \quad (24)$$

где Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

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

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

За основу оклада берется ставка работника ТПУ, согласно занимаемой должности.

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы для исполнения 1

Исполнители	Зтс, тыс. руб.	кпр	кд	кр	Зм, тыс. руб.	Здн, тыс. руб.	Тр, раб. дн.	Зосн, тыс. руб.
Руководитель	23264	0,3	0,4	1,3	51413	2,674	20	53,48
Исполнитель	14584	0	0	1,3	18959	1,126	37	41,66
Итого:								95,14

Таблица 22 – Расчет основной заработной платы для исполнения 2

Исполнители	Зтс, тыс. руб.	кпр	кд	кр	Зм, тыс. руб.	Здн, тыс. руб.	Тр, раб. дн.	Зосн, тыс. руб.
Руководитель	23264	0,3	0,4	1,3	51413	2,674	24	64,18
Исполнитель	14584	0	0	1,3	18959	1,126	43	48,41
Итого:								112,59

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы для исполнения 3

Исполнители	Зтс, тыс. руб.	кпр	кд	кр	Зм, тыс. руб.	Здн, тыс. руб.	Тр, раб. дн.	Зосн, тыс. руб.
Руководитель	23264	0,3	0,4	1,3	51413	2,674	28	74,87
Исполнитель	14584	0	0	1,3	18959	1,126	49	55,17
Итого:								130,04

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,13 \cdot 53480 = 6952 \text{ руб.}; \quad (25)$$

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

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Для исполнения 2 расчет дополнительной заработной платы составит:

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

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

Для исполнения 3 расчет дополнительной заработной платы составит:

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды(страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

(26)

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). в 2014 году водится пониженная ставка – 30,2%.

Таблица 24 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб			Дополнительная заработная плата, тыс. руб		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	53,480	64,180	74,870	6,952	8,343	9,733
Исполнитель проекта	41,660	48,410	55,170	5,416	6,293	7,172
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302					
Итого:						
Исполнение 1	Исполнение 2		Исполнение 3			
32,586	38,564		44,541			

Прочие расходы

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

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Таблица 25 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб. (исполнение 1)	Сумма, руб. (исполнение 2)	Сумма, руб. (исполнение 3)	Примечание
1. Материальные затраты	2872108	3272108	3222108	Таблица [11]
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	95140	112590	130040	Таблица [13,14,15]
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12368	14636	16905	
4. Отчисления во внебюджетные фонды	32,586	38,564	44,541	Таблица [13]
5. Затраты на покупку компьютера	28000	28000	28000	(24)
6. Прочие расходы	24000	24000	24000	
7. Бюджет затрат НИИ	3064202	3489898	3465594	Сумма ст. 1-6

7.5. Определение ресурсоэффективности проекта

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{испi} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (27)$$

где $I_{финр}^{испi}$ – 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-ого варианта исполнения имеем:

$$I_{финр}^{исп1} = \frac{3064202}{3485812} = 0,879.$$

Для 2-ого варианта имеем:

$$I_{финр}^{исп2} = \frac{3489898}{3485812} = 1.$$

Для 3-ого варианта имеем:

$$I_{финр}^{исп3} = \frac{3465594}{3485812} = 0,994.$$

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (28)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

Таблица 26 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэф.	Резервуар вертикальный стальной (исп. 1)	Резервуар вертикальный стальной с понтоном (исп. 2)	Резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей (исп. 3)
1. Безопасность	0,1	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	3	4
3. Срок службы	0,15	5	3	3
4. Ремонтпригодность	0,20	5	3	5
5. Надёжность	0,25	4	4	4
6. Материалоёмкость	0,15	5	4	3
Итого:	1	4,6	3,05	3,9

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p - \text{исп1} = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,6 \quad (29)$$

$$I_p - \text{исп2} = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,05$$

$$I_p - \text{исп3} = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 = 3,9$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}}; \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}}; \quad I_{исп.3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр}};$$

$$I_{исп1} = 5,24; \quad I_{исп2} = 3,05; \quad I_{исп3} = 3,93.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cpi}):

$$\mathcal{E}_{cpi} = \frac{I_{уснi}}{I_{усн\ min}}, \quad (30)$$

$$\mathcal{E}_{cp1} = 1,72; \mathcal{E}_{cp2} = 1; \mathcal{E}_{cp3} = 1,29.$$

Таблица 27 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,878	1	0,993
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	3,05	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	5,24	3,05	3,93
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,72	1	1,29

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

Таким образом, резервуар вертикальный стальной остается эффективным и сохраняет конкурентоспособность.

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

8. Социальная ответственность

Введение

Целью данного раздела является оценка условий труда персонала при эксплуатации вертикального стального резервуара на Верхнечонском месторождении, расположенном в Иркутской области, а также анализ и разработка мер защиты людей от вредных и опасных факторов, рассмотрение вопросов пожарной и социальной безопасности, охраны окружающей среды и защиты персонала в чрезвычайных ситуациях.

Объектом исследования является резервуар вертикальный стальной 10000, используемый на предприятиях транспорта нефти. Вопросы социальной ответственности предприятий в разрезе соблюдения мер охраны труда, промышленной безопасности, охраны окружающей природной среды являются крайне актуальными для всех предприятий нефтегазовой отрасли. В данном разделе рассматривается важность и значимость соблюдения требований к надежности конструкции резервуаров для сохранения жизни и здоровья человека, промышленной безопасности предприятия и сохранения природной среды.

8.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

8.1.1. Правовые вопросы обеспечения безопасности

Поскольку условия труда нефтегазового персонала относятся к вредным и опасным условиям труда, то на объекте применяются правовые нормы трудового законодательства по материальной компенсации и снижению наносимого вреда здоровью работников.

Сокращенная продолжительность рабочего времени:

Статья 92 Трудового кодекса РФ устанавливает сокращенную продолжительность рабочего времени – не более 36 часов в неделю – для работников, условия труда на рабочих местах которых по результатам специальной оценки условий труда отнесены к вредным условиям труда 3 или 4 степени или опасным условиям труда.

В соответствии со ст. 94 Трудового кодекса РФ для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, где установлена сокращенная продолжительность рабочего времени, максимально допустимая продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать:

- При 36-часовой рабочей неделе – 8 часов;
- При 30-часовой рабочей неделе и менее – 6 часов.

В соответствии со ст. 117 Трудового кодекса РФ работникам, условия труда которых по результатам специальной оценки условий труда отнесены к вредным условиям труда 2,3 или 4 степени либо опасным условиям труда предоставляется ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск.

Повышение оплаты труда:

Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере (ст. 147 ТК РФ).

Минимальный размер повышения оплаты труда работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, составляет 4%

тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда [11].

8.1.2. Организационные вопросы обеспечения безопасности:

Перед началом работ на объектах нефтегазовой промышленности в целях безопасности необходимо проводить организационные и технические мероприятия.

К организационным мероприятиям относят выдачу нарядов, распоряжений и допуска к работе, надзор во время работы, оформление перерывов в работе, переводов на другое рабочее место и окончание работы.

Перед началом смены обслуживающий персонал обязан проверить состояние работающих средств автоматики, телемеханики и КИП, проверить наличие и осмотреть первичные средства пожаротушения, инструменты, мелкие запасные части и вспомогательные материалы, ознакомиться с изменениями в схемах, записями и распоряжениями. Технический надзор за эксплуатацией резервуара возлагается на квалифицированного работника и выполняется на основе осмотра основного оборудования.

Техническое обслуживание и ремонт средств автоматики и контрольно-измерительных приборов проводятся с периодичностью, установленной действующей системой Планово-предупредительных ремонтов и рекомендациями заводов-изготовителей.

8.1.3. Организационные мероприятия компоновки рабочей зоны

При выборе конструктивного решения и отдельных систем оборудования нужно учитывать следующие требования:

- Все движущиеся части оборудования по возможности заключают в компактные корпуса, имеющие минимум острых граней и кромок, выступающих частей.
- Средства защиты должны быть многофункционального типа, то есть решать несколько задач одновременно (корпуса машин и механизмов,

станины станков должны обеспечивать не только ограждение опасных элементов, но и снижение уровня шума и вибрации).

- Выбор конструкционных материалов машин и механизмов производится с учетом потенциально возможных опасных и вредных факторов.

- Технологические процессы, связанные с выделением пыли, вредных паров или газов, следует проводить в отдельных помещениях или на специальных изолированных участках производственных помещений, оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией с искусственным побуждением и обеспеченных средствами защиты работающих [12].

8.2. Производственная безопасность

На рабочего в процессе его деятельности могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы. Для их определения используем [13-17]. Перечень опасных и вредных факторов приведен в таблице 28.

Таблица 28 – Перечень опасных и вредных факторов при проектировании системы электроснабжения

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы [13- 17]
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 [13].
2. Превышение уровня шума	+	+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [14].
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [15].
4. Недостаточная освещённость рабочей зоны	+	+	+	ГОСТ 12.1.046-85 [16].
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [17].

Анализ вредных и опасных производственных факторов

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

- Повышенный уровень шума на рабочем месте.

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

К коллективным средствам и методам защиты от шума относятся:

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

Также необходимо использовать рациональные режимы труда и отдыха работников.

В качестве СИЗ Государственным стандартом предусмотрены заглушки-вкладыши (многократного или однократного пользования, вкладыши "Беруши" и др.).

- 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.

- 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.

Контроль воздушной среды должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях посредством газоанализаторов АНТ-3, АНТ-3м, Колион-1. 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.

Нефть по санитарным нормам относится к 4-му классу опасности (малоопасные вредные вещества со значением ПДК в пересчете на углерод) – 300 мг/м³.

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

Работающие в условиях пылеобразования должны быть в противопыльных респираторах («Лепесток», Ф-62Ш, У-2К, «Астра-2», РПКМ и др.), защитных очках и комбинезонах.

- 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.

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

Работающие на открытом воздухе должны быть обеспечены в зимнее время спецодеждой и спецобувью с повышенным суммарным тепловым сопротивлением, а также защитными масками для лица. При работах,

связанных с ограниченностью движения, следует применять спецодежду и спецобувь со специальными видами обогрева.

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

Для поддержания микроклимата предусматриваются приточная и вытяжная вентиляции, нагреватели и кондиционеры (СНиП 2.04.05.86)

- 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.

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

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.

Перемещение, установка и работа машин вблизи выемок, траншей и котлованов разрешается только за пределами призмы обрушения грунта [18].

- 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.

Используемое оборудование при проведении работ по реконструкции должно быть взрывозащищенное, выполненное для работы во взрывоопасной смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом. Допустимый уровень взрывозащиты переносных электрических светильников, для класса взрывоопасной зоны В-1Г, должен быть повышенной надежности против взрыва.

Для защиты от электрического тока, электрической дуги и металлических искр при сварке необходимо использовать: защитные костюмы, защитные каски или очки и т.п. [19, 20].

- Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением.

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

Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, распространяются:

- на сосуды, работающие под давлением воды с температурой выше 115 °С или другой жидкости с температурой, превышающей температуру кипения при давлении 0,07 МПа, без учета гидростатического давления;
- на сосуды, работающие под давлением пара или газа свыше 0,07 МПа;
- на баллоны, предназначенные для транспортирования и хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов под давлением свыше 0,07 МПа;

Общим требованием к конструкции сосуда является надежность обеспечения безопасности при эксплуатации и возможности осмотра и ремонта. Специальные требования предъявляются к сварным швам. Они должны быть доступны для контроля при изготовлении, монтаже и эксплуатации, располагаться вне опор сосудов.

Каждый сосуд, работающий под давлением, снабжается *манометром*.

Ответственность за исправное состояние и безопасную эксплуатацию сосудов должна быть возложена на специалиста, которому подчинен персонал, обслуживающий сосуды (начальник компрессорной, начальник участка, старший мастер участка и т. д.) [21].

- Пожарная безопасность

Пожар в резервуаре в большинстве случаев начинается со взрыва паровоздушной смеси. При эксплуатации резервуаров должны соблюдаться требования пожарной безопасности, установленные «Правилами пожарной безопасности в РФ», «Правилами пожарной безопасности при эксплуатации предприятий нефтепродуктообеспечения».

Причинами возникновения пожара на объектах эксплуатации резервуаров являются:

- в большинстве случаев пожар начинается со взрыва газо-воздушной смеси;
- несоблюдение правил пожарной безопасности и неосторожное обращение со сгнем;
- неправильная эксплуатация и неисправность оборудования;
- возникновение статического электричества;
- климатические и метеорологические условия.

Тушение пожара и ограничение его распространения достигается системой пожаротушения.

Меры защиты: установка пожарных сигнализаций, автоматизированная система пожаротушения в резервуарном парке, средства индивидуальной защиты.

Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов

Защита от случайного прикосновения с токоведущими частями

Для невозможности случайного прикосновения или приближения на небезопасные расстояния к токоведущим частям на объекте контролируется их недоступность при помощи ограждений, блокировок или расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Виды ограждений:

- Сплошные;

- В виде кожухов и крышек, применяемые в электроустановках до 1000 В;
- Сетчатые, которые имеют двери, запирающиеся на замок.

В электроустановках до 1000 В ограждаются неизолированные токоведущие части, находящиеся под напряжением;

Защитное заземление

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.).

Основное назначение защитного заземления – устранение опасности поражения персонала электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования.

Зануление

Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ - преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Зануление применяется в четырехпроводных сетях напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью. При занулении корпуса электрооборудования соединяются не с заземлителями, а с нулевым проводом.

8.3. Экологическая безопасность

При технической эксплуатации резервуара типа РВС 10000 м³ необходимо соблюдать требования по защите окружающей среды, условия землепользования, установленные законодательством по охране природы.

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

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

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

Все работы проводятся вне водоохраных зон. С целью снижения вредного воздействия на окружающую среду проектом предусматриваются следующие мероприятия по защите **водной среды (гидросферы)**:

- слив горюче-смазочных материалов в специально отведенных и оборудованных для этих целей местах;
- запрещение мойки и ремонта машин и механизмов в не предусмотренных для этих целей местах;
- исключение хранения топлива на строительной площадке;
- устройство противотрифильтрационного экрана в основании резервуара;

При соблюдении проектных решений и вышеперечисленных мероприятий воздействие на водную среду будет минимальным.

Все земли после проведения строительно-монтажных работ благоустраиваются в соответствии с правилами пожарной и санитарной безопасности, а также безаварийной эксплуатации объектов. В целом воздействие на земельные ресурсы (литосферу) можно считать минимальным. Возможно загрязнение почвы химическими веществами и отходами нефтепроизводства. Но при соблюдении правил этого не произойдет.

Вывоз отходов строительного производства с участка проведения работ, твердых бытовых отходов производится на полигон ТБО.

Условия сбора и хранения отходов являются важным фактором степени воздействия отходов на окружающую природную среду. Степень воздействия отходов на окружающую среду напрямую связана со степенью соблюдения требований нормативных документов в области сбора и хранения отходов.

Сбор и условия временного хранения отходов осуществляется в зависимости от класса опасности и дальнейшей их передаче, а именно, подлежат к захоронению на городской свалке собираются совместно с бытовыми в стандартном металлическом контейнере $V=1\text{м}^3$.

Транспортировка отходов должна осуществляться способами, исключающими возможность их потерь в процессе транспортировки, создания аварийных ситуаций, причинение вреда окружающей среде, здоровью людей, хозяйственным и иным объектам.

8.3.1. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При проектировании и эксплуатации резервуара возможны следующие ЧС: пожар, взрывы, подземные толчки (землетрясения), ураганы и смерчи.

В процессе работы на резервуаре могут возникнуть взрывы во время разгерметизации трубопроводов и оборудования. Различные травмы, в том числе и смертельные, способны нанести человеку воздушная ударная волна и продукты взрыва, образовавшаяся в результате ее воздействия. Повышение давления воздуха, при воздействии ударной волны, воспринимается

человеком как резкий удар. Возможные повреждения при этом: различные переломы, повреждения внутренних органов, сотрясение мозга, разрыв кровеносных сосудов, разрыв барабанных перепонки. Для обеспечения безопасности работающего персонала и сохранения материальных ценностей необходимо выполнить превентивные меры по предупреждению ЧС, а также знать порядок действий в результате возникшей ЧС и меры по ликвидации ее последствий.

Для районов с сейсмичностью 6 баллов и ниже сейсмические нагрузки учитывать не требуется. Учёт сейсмоустойчивости при расчёте и проектировании производится, начиная с 7 баллов. В процессе эксплуатации резервуара на верхнечонском месторождении существует вероятность возникновения землетрясения, так как в 2008 году в 65 км к югу от Иркутска на Байкале произошло землетрясение силой 6-7 баллов. В резервуаре хранятся взрывоопасные химические вещества и при проектировании резервуара в данном регионе учитывается, чтобы запас прочности конструкции позволял выдерживать подземные толчки.

В процессе эксплуатации резервуара на верхнечонском месторождении вероятность возникновения урагана или смерча крайне мала, так как это не свойственно для данного региона. Тем не менее, при проектировании резервуара рассчитывается запас прочности, позволяющий выдерживать землетрясения и смерчи или ураганы данная конструкция вполне способна выдержать.

Наиболее характерной чрезвычайной ситуацией для стального вертикального резервуара является пожар. Его мы и рассмотрим ниже.

8.3.2. Превентивные меры

Согласно [22] вертикальный стальной резервуар относится к категории «А» и «Б», т.е. это горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут

образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси. Пожарная профилактика обеспечивается: системой предотвращения пожара; системой противопожарной защиты; организационно - техническими мероприятиями.

К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения возможных источников возгорания (защитного зануления); применение искробезопасного оборудования;

К мерам противопожарной защиты относятся: применение пожарных извещателей; средств коллективной и индивидуальной защиты от факторов пожара; системы автоматической пожарной сигнализации; наличие пожарного поста [23].

Организационно-технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности, разработка схемы действия администрации и работающих в случае пожара, и организация эвакуации людей; организация внештатной пожарной дружины.

8.3.3. Действия при возникновении ЧС

8.3.3.1. Пожарная безопасность

Пожар – неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся уничтожением материальных ценностей и создающий опасность для жизни и здоровья людей.

Основными причинами пожара могут быть: перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования.

При обнаружении загорания рабочий немедленно должен сообщить по телефону 112 в пожарную охрану и руководителю, далее проводится эвакуация людей и материальных ценностей. Тушение пожара организуется первичными средствами пожаротушения с момента обнаружения пожара. Пострадавшим при пожаре обеспечивается скорая медицинская помощь.

В соответствии с [24,25] эвакуационные пути должны обеспечивать эвакуацию всех людей, находящихся на объекте, в течение необходимого времени эвакуации. Расчетное время эвакуации людей определяют, исходя из протяженности эвакуационных путей и скорости движения людских потоков на всех участках пути от наиболее удаленных мест до эвакуационных выходов [26].

Заключение

В результате выполнения данной выпускной квалификационной работы было доказано математическими расчётами и моделированием, что данный вертикальный стальной резервуар при наличии отклонения от проектного радиуса сферической крыши до 60 мм можно продолжать эксплуатировать и это будет абсолютно безопасно.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения рассмотрена ресурсная, финансовая и экономическая эффективность исследования. Определен интегральный показатель эффективности научного исследования

В разделе социальная ответственность объектом исследования данного раздела являлась оценка условий труда, анализ вредных и опасных факторов, разработка мер защиты от них, также рассмотрение вопросов техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды при работе нефтегазового персонала, обслуживающего вертикальный стальной резервуар. Наиболее вероятными чрезвычайными ситуациями при работе персонала могут быть пожар на объекте и поражение рабочих вращающимися частями механизмов. Так же опасным фактором является поражение электрическим током. Персонал работает в условиях возможного воздействия ряда неблагоприятных для здоровья факторов. В связи с этим, обязательным является соблюдение санитарных норм проектирования промышленных предприятий. Поэтому «Социальная ответственность» и их внедрение на объекте очень важно, в данной работе это было отражено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ПБ 03-605-03. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс] : утв. Госгортехнадзором России 09.06.03 : взамен ПБ 03-381-00. – Режим доступа : Стройконсультант.
2. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции : строит. нормы и правила [Текст] : утв. Госстроем СССР 14.08.81 : взамен СНиП II-В.3-72; СНиП II-И.9-62; СН 376-67 : дата введ. 01.01.82. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 96 с.
3. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81* «Стальные конструкции») [Текст] : утв. ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР 15.08.85. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 148 с.
4. СП 53-102-2004. Общие правила проектирования стальных конструкций [Текст] : свод правил по проектированию и строительству : утв. и введен ЦНИИСК им. Кучеренко 01.01.05 : введен впервые. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 188 с.
5. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия [Текст] : строит. нормы и правила : утв. Госстроем СССР 29.07.85 : взамен главы СНиП II-6-74 : дата введ. 01.01.87. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 44 с.
6. ГОСТ 31385-2016 . Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов.
7. РД 34.21.526-95: Типовая инструкция по эксплуатации металлических резервуаров для хранения жидкого топлива и горячей воды. Строительные конструкции.
8. Андреев А.Ф. и др. Организация и Управление предприятиями нефтяной и газовой промышленности: Учебное пособие / Под ред. Е.С.

Сыромятникова. – М.: Нефть и газ, 1997 – Ч. 1. – 144 с., М.: Нефть и газ, 1999 – Ч. 2. – 139 с.

9. Злотникова Л.Г. Финансовый менеджмент в нефтегазовых отраслях: Учебник. – М.: Нефть и газ, 2005. – 452 с.

10. Зубарева В.Д. и др. Финансы предприятий нефтегазовой промышленности: Учебное пособие. – М.: ГТА-Сервис, 2000. – 368 с.

11. Трудовой кодекс Российской Федерации (по состоянию на 1 октября 2017 года). – Новосибирск: Норматика, 2017. – 208 с. – (Кодексы. Законы. Нормы).

12. Свод правил: СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту. М.: Минздрав России, 2003. – 52 с.

13. СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

14. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

15. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

16. ГОСТ 12.1.046-85 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Строительство. Нормы освещения строительных площадок».

17. ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

18. ГОСТ 12.1.003 - 2014 «Шум. Общие требования безопасности».

19. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

20. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение».

21. ГОСТ 12.1.009-2009 «Электробезопасность. Термины и определения».

22. НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

23. ГОСТ 12.1.004.91 «Пожарная безопасность. Общие требования»

24. СНиП 2.01.02-85 «Противопожарные нормы».

25. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 01.09.2010 № 777н "Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением".

26. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.