

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»
Отделение школы (ИШПР) нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|--|
| Применение метода конечных элементов для оценки напряженно-деформированного состояния резервуара горизонтального стального наземного |

УДК 622.692.23-025.72-034.14:624.042.62

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 3-4E5A | Джангурчинов Валерий Ахатович | | |

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Запланированные результаты обучения по ООП

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

| | | |
|---|---|---|
| | <i>современных методов моделирования и компьютерных технологий</i> | |
| <i>в области проектной деятельности</i> | | |
| P11 | Способность применять знания, современные методы и программные средства проектирования для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов | <i>Требования ФГОС ВО (ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30) (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)</i> |

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

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

Форма представления работы:

| |
|---------------------|
| Бакалаврская работа |
|---------------------|

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

| | |
|--|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | |
|--|--|

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

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|-------------|------------------------|---------|------|
| | Брусник О.В | к.п.н | | |

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

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

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|---------------------|
| Бакалаврской работы |
|---------------------|

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|---------------------------------|
| 3-4E5A | Джангурчинову Валерию Ахатовичу |

Тема работы:

| | |
|--|--|
| Применение метода конечных элементов для оценки напряженно-деформированного состояния резервуара горизонтального стального наземного | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | |

| | |
|--|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | |
|--|--|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|--|
| <p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p>Объект исследования: Анализ и выбор наиболее современных технологий оценки прочностных характеристик стальных резервуаров, которые обеспечат высокую точность прогнозирования эволюции напряженно-деформированного состояния резервуара.</p> <p>Режим работы: круглосуточный, периодический</p> |
|---|--|

Реферат

Выпускная квалификационная работа 106 с., 18 рис., 25 табл., 36 источников, 42 формулы.

Ключевые слова: РГС, резервуарный парк, резервуар, анализ напряженно-деформированного состояния.

Объектом исследования является: Анализ и выбор наиболее современных технологий оценки прочностных характеристик стальных резервуаров, которые обеспечат высокую точностью прогнозирования эволюции напряженно-деформированного состояния резервуара.

Цель работы – проведение расчетов напряженно – деформированного состояния, аналитический расчет и расчет методом конечных элементов.

В процессе исследования проводились расчеты

Область применения: нефтегазовая промышленность.

Определения, обозначения и сокращения

Резервуары – это инженерные конструкции, которые служат для хранения, приемки и учета нефтепродуктов и нефти.

Резервуарный парк – это группа разнотипных или однотипных резервуаров, используемая для учёта нефти и нефтепродуктов в оперативном режиме, размещенных на территории, ограниченной по периметру обвалованием или ограждающей стенкой при наземных резервуарах и дорогами или противопожарными проездами- при подземных резервуарах.

РГС – резервуар горизонтальный стальной

РГСН – резервуар горизонтальный стальной наземный

РГСП – резервуар горизонтальный стальной подземный

РФ – Российская Федерация

ГОСТ – государственный стандарт

СТО – стандарт организации

РД – руководящий документ

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость

ГО – газовая обвязка

РП – резервуарный парк

ТЗ – техническое задание

КМД – конструкции металлические детализированные

КМ – конструкции металлические

ВСН – ведомственная норма

ППР – проект производства работ

АКЗ – антикоррозионная защита

НДС – напряженно – деформированное состояние

НЛС – наземное лазерное сканирование

| | |
|---|----|
| Оглавление | |
| Введение | 10 |
| Обзор литературы | 12 |
| 1. Виды, производство, монтаж и эксплуатация РГСН | 17 |
| 1.1 Виды РГСН..... | 17 |
| 1.2 Производство РГСН..... | 22 |
| 1.3 Монтаж РГСН..... | 26 |
| 1.4 Эксплуатация РГСН | 28 |
| 2. Анализ аварийных ситуаций | 31 |
| 3. Расчетная аналитическая часть | 35 |
| 3.1 Расчет штуцера, расположенный на днище | 37 |
| 3.2 Расчет обечайка цилиндрическая | 41 |
| 4. Расчет методом конечных элементов | 49 |
| 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 57 |
| 5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | 58 |
| 5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования | 58 |
| 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | 59 |
| 5.1.3 SWOT – анализ | 61 |
| 5.2 Планирование научно-исследовательских работ | 64 |
| 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования | 64 |
| 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ | 65 |
| 5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования | 66 |
| 5.3 Бюджет научно-технического исследования | 70 |
| 5.3.1 Материальные затраты | 70 |
| 5.3.2 Амортизационные отчисления | 72 |
| 5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы | 72 |
| 5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы | 76 |
| 5.3.5 Накладные расходы | 77 |
| 5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта | 77 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 5.4 | Определение ресурсоэффективности проекта | 78 |
| 6. | Социальная ответственность | 85 |
| 6.1 | Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 85 |
| 6.2. | Анализ выявленных вредных факторов производственной среды | 87 |
| 6.3. | Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению | 91 |
| 6.4 | Экологическая безопасность | 94 |
| 6.5. | Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 95 |
| | Заключение | 98 |
| | Список используемых источников | 99 |

Введение

Газ является ценным промышленным сырьем. Природный газ - один из важнейших видов топлива, занимающий значительное место в структуре потребления наряду с нефтью и углем.

Основными потребителями природного газа являются такие отрасли, как промышленность и производство электроэнергии (44% и 31% соответственно).

СПГ является одним из самых быстрорастущих секторов современной мировой энергетики. В современных условиях происходит расширение международной торговли, увеличение мощностей по сжижению, регазификации и транспортировке СПГ.

Сжиженный природный газ (СПГ) - криогенная жидкость с содержанием метана не менее 86% объема (ТУ 05-03-03-85) и температурой кипения от -162°C - является перспективным энергоносителем.

В сжиженном состоянии газ имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами топлива:

- Высокая энергоемкость и большое октановое число;
- Наиболее экологически чистое топливо;
- В своей жидкой форме сжиженный природный газ не имеет способность взрываться или воспламеняться;
- Появляется возможность создания запасов и их использования по мере необходимости;
- Сжижение природного газа увеличивает его плотность в 600 раз, что упрощает транспортировку и хранение
- Экономия денежных средств на покупку топлива, так как цена эквивалентного количества сжиженного газа ниже, чем бензина или дизельного топлива;

Использование сжиженного природного газа (СПГ) позволяет нам решать проблемы подачи газа в труднодоступные и удаленные районы, прокладка трубопроводов в которые технически затруднена или экономически

нецелесообразна. Неотъемлемой частью высокотехнологичных систем сжижения, выдачи и приема СПГ являются крупногабаритные наземные изотермические резервуары (ИК).

Природный газ уже получил название топлива 21-го века, поскольку его запасы довольно велики по сравнению с запасами нефти. Динамика роста мирового рынка СПГ составляет около 7% в год. Ожидается, что к 2025 году этот показатель удвоится и достигнет 14%. В настоящее время наблюдается рост международной торговли сжиженным природным газом, на который приходится более 24% мировой внешней торговли природным газом.

Резервуары СПГ являются хранилищами продуктов, опасных для пожара и взрыва, разгерметизация которых при выбросе продукта в атмосферу может привести к катастрофическим последствиям.

Одним из факторов, позволяющих определить техническое состояние резервуаров и необходимость их ремонта, является оценка его напряженно-деформированного состояния (НДС). Основное влияние на НДС оказывает его геометрическая форма и пространственное положение, а все остальные дефекты, являются инициаторами возможных аварийных ситуаций.

Целью выпускной квалификационной работы: технология оценки напряженно-деформированного состояния резервуара горизонтального стального наземного.

Обзор литературы

Резервуарные парки являются неотъемлемой частью системы трубопроводного транспорта жидких углеводородов и технологического процесса нефтяного производства и нефтепереработки. Основной объем отечественных резервуарных парков для хранения нефти и нефтепродуктов был построен в 60-70 годы прошлого века по строительным нормам того времени. В настоящее время в ремонте постоянно находится около 20% всех резервуаров. По имеющимся данным 70% существующих стальных резервуаров эксплуатируются более 20 лет, более 10% из них – свыше 30 лет.

Средний возраст сооружений постоянно растет, а ремонтные мероприятия, осуществляемые в настоящее время, полностью не обеспечивают восстановления их несущей способности [1]. В исследованиях отечественных и зарубежных авторов – В.Б. Галеева, М.В. Саяпина, Г.Г. Хопёрского, К. Кавано, Р. Бэлла, Д. Гринвуда, Е. Де Бира убедительно доказывается, что до 60% эксплуатируемых в настоящее время резервуаров имеют в том или ином виде неравномерную осадку наружного контура днища. Неравномерная осадка основания резервуаров нередко приводит к возникновению недопустимых напряжений в металлоконструкциях, а иногда становится причиной аварий [2].

В последнее время возникает проблема старения резервуарных парков. Назначенный ресурс для стальных резервуаров, установленный разработчиками типовых проектов, составляет от 25 до 30 лет, в зависимости от оборачиваемости. Однако уже сейчас существует значительная часть резервуаров, срок эксплуатации которых превысил нормативный. Так, например, в ОАО «Уралсибнефтепровод», которое является типичным представителем системы трубопроводного транспорта нефти, средний возраст составляет 35 лет [3].

Анализ статистики разрушений конструкций показал, что отказы и аварии наблюдались на стадии строительства – 3%; отказы при испытании – 32%; при эксплуатации – 64% и при ремонте – 1%. Причем, на первые три –

пять лет эксплуатации приходится почти половина аварий. На период эксплуатации от пяти до пятнадцати лет приходится не более 25% аварий. После истечения двадцатилетнего срока эксплуатации число разрушений начинает резко увеличиваться [1]. В связи с этим установлено, что полное техническое диагностирование должно проводиться с интервалом не более 10 лет [4].

В работах таких ученых, как В.В. Кузнецов, В.В. Леденев, В.А. Прохоров, И.М. Розенштейн, А.Н. Шкинев, М.К. Сафарян, А.А. Тарасенко и др., анализируются причины аварий резервуаров и наиболее часто встречающихся дефектов.

При работе резервуара в условиях многократного повторно-статического нагружения возможен переход к предельному состоянию, связанному с появлением трещиноподобных дефектов в результате малоциклового усталости [5].

Резервуары горизонтальные РГС применяют на нефтебазах и АЗС как наиболее экономически и технологически эффективный вид топливного хранилища. Эффективность данного вида резервуаров обеспечена, в первую очередь, разнообразием их объемов и конфигураций, адаптируемых под специфику предприятия.

Как правило, горизонтальные резервуары используются для хранения жидкостей объемом до 100 кубометров. Для больших объемов складирования применяются вертикальные резервуары.

При соблюдении производителем требований к качеству РГС способен выдерживать внутренне давление от 0,04 МПа до 0,07 МПа. Плотность хранимых продуктов в горизонтальных резервуарах не должна превышать 1 тн/м³. Жидкость в резервуарах хранится под избыточным давлением. Класс опасности хранимого продукта по взрывоопасным и пожароопасным характеристикам - 1, 2, 3 и 4 (ГОСТ 12.1.007). Температурный режим эксплуатации резервуаров РГС должен соответствовать установленному ГОСТом - от -65°С до +90°С. Резервуары горизонтальные стальные РГС могут

устанавливаться в районах с сейсмической активностью до 7 баллов. Климатические условия эксплуатации - У1 и УХЛ 1 (ГОСТ 15150-69).

При монтаже резервуаров РГС следует руководствоваться нормативными документами [6]. На монтаж РГС влияет месторасположение объекта, его удаленность и доступность для тяжелой техники. Горизонтальные наземные сосуды доставляются на строительную площадку в полной заводской готовности. Они устанавливаются на железобетонный фундамент при помощи тросов, которые продеваются в строповочные проушины, приваренные к стенке на Заводе-изготовителе. Корпус жестко крепится к фундаменту седловыми или стоечными опорами при помощи анкерных болтов, чтобы не допустить опрокидываемость в случае больших ветровых нагрузок.

В процессе работы горизонтальные стальные резервуары (ГВС) подвержены многим внутренним и внешним воздействиям на них: высокому давлению, температурным изменениям, осадке фундамента, воздействию гидростатическому напряжению, снеговым и ветровым нагрузкам, а так же множеству других факторов. При этих условиях все элементы конструкции горизонтальных стальных резервуаров находятся под нагрузкой в сложном напряженно-деформированном состоянии.

По ГОСТУ периодичность текущего ремонта резервуаров на предприятии составляет 1 раз в 5 лет, а капитального – 1 раз в 10 лет. Подготовка включает полный слив хранимой продукции, освобождение, очистку и дегазацию. Только после проведения этих работ можно приступать к ремонту емкостей из металла для хранения нефтепродуктов, воды, ЕССА.

Среди причин для ремонта резервуаров распространены такие, как:

- неправильная эксплуатация;
- несвоевременное обследование емкостей;
- постоянные перепады температур;
- коррозионные процессы;
- некачественный предыдущий ремонт;
- дефекты сварочных швов;

- просадка грунта;
- некачественная установка;
- давление нефтепродуктов.

Перечисленные дефекты обуславливаются рядом причин, важнейшие из которых - амортизационный износ конструкций; хрупкость металла при низких температурах; наличие дефектов в сварных соединениях (непровары, подрезы и пр.), являющихся концентраторами напряжений; скопление большого числа сварных швов в отдельных узлах резервуара; нарушение технологии монтажа и сварки; неравномерные осадки (просадки) песчаных оснований; коррозия металла, возникающая вследствие хранения в резервуарах мазута с повышенным содержанием серы и горячей воды; нарушение требований правил технической эксплуатации резервуаров из-за повышения уровня наполнения, избыточного давления или недопустимого вакуума.

Работы по ремонту резервуаров производятся с соблюдением требований действующих правил техники безопасности, предусмотренных СНиП III-4-80 «Техника безопасности в строительстве».

Основными факторами, обеспечивающими надежность и долговечность резервуаров, являются:

- качественное сооружение оснований и фундаментов;
- качественное заводское изготовление стальных конструкций и правильная их транспортировка;
- соблюдение геометрической формы резервуаров и их элементов;
- контроль качества строительных и монтажных работ;
- соблюдение графиков текущего и капитального ремонтов;
- строгое соблюдение требований правил техники безопасности и охраны труда.

Своевременная и качественная оценка технического состояния резервуаров и устранение выявленных дефектов повышает их надежность при

эксплуатации. Такую оценку можно получить только на основании комплексной проверки, включающей в себя дефектоскопию сварных соединений, проверку качества металла, контроль толщины стенок отдельных элементов, геометрической формы и др.

Для того чтобы увеличить срок службы резервуаров в настоящее время проводится много эксплуатационных и теоретических исследований надежности и долговечности, а также разрабатываются новые современные методики определения напряженно-деформированного состояния.

1. Виды, производство, монтаж и эксплуатация РГСН

1.1 Виды РГСН

Горизонтальный резервуар для нефти – это контейнер, который по форме напоминает цилиндр и предназначен для хранения горюче-смазочных материалов.

РГСН - это стальной резервуар большого размера, предназначенный для хранения различных жидкостей. Буквы РГСН являются условным сокращением слова «резервуар горизонтальный стальной наземный». Имеет цилиндрическую форму с коническими днищами. Существуют также модели с плоским дном, но они ограничены объемом 8 м³ и внутренним давлением не выше 70 кПа. Большие резервуары подвергаются значительному давлению жидкости на стенках конструкции и требуют конического днища.

Различают наземные и подземные резервуары. Чаще всего используются подземные сооружения, которые расположены в ранее вырытых котлованах. Наземные конструкции менее востребованы, но также пользуются спросом. Они часто используются в качестве пожарных резервуаров.



Рисунок 1 – РГСН резервуар горизонтальный стальной наземный

Ещё одно разделение заключается в конструкции стенок. Резервуары изготавливаются либо со стенами из одного металлического слоя, либо с двойными стенками. На некоторых моделях между стенами помещается водяная рубашка. Он подключен к системе теплообмена, так что корпус такой

емкости может постоянно находиться в нагретом состоянии. При низких температурах наружного воздуха эти защитные меры предотвращают замерзание содержимого бака. Помимо активной системы обогрева корпуса, существует также возможность создания пассивного термозащитного слоя.

Существуют стандартные конструкции, рассчитанные на одновременное содержание различных типов жидкостей. Такие резервуары изготавливаются из нескольких отдельных камер. Каждый из них имеет свои каналы подачи и слива, которые не пересекаются с каналами других камер.

Бывают резервуары с защитой от коррозии и без. Некоторые типы жидкостей, такие как определённые виды промышленных отходов, не требовательны к сохранению постоянного состава. Для них возможно создание однослойных резервуаров без антикоррозионного защитного слоя. Для продления срока службы ёмкости, толщина стенок в них берётся с небольшим запасом по толщине.

Антикоррозионное покрытие наносится внутри и снаружи резервуара. Внешняя обработка выполняется для защиты от факторов окружающей среды. Прежде всего, учитываются последствия постоянного контакта корпуса металлического корпуса с влагой. Если для наземных резервуаров (РГСН) это взаимодействие чаще всего носит временный характер, то подземные (РГСП) могут быть погружены в почву, где грунтовые воды находятся близко и окружают тело резервуара большую часть года. Поэтому емкости РГСП имеют усиленную антикоррозионную защиту.

Резервуар представляет собой горизонтальный цилиндр с плоскими или коническими крышками с обеих сторон, усиленными ребрами жесткости по всему корпусу. Установка РГСН осуществляется на специальных опорах, а жидкость подается через технологические патрубки. В подземном цилиндре резервуаре имеются горловины или колодцы со стальной крышкой. Для наземных резервуаров может быть предоставлена специальная платформа с лестницей, для планового ремонта и обслуживания.

Виды наиболее распространенных емкостей входят резервуары РГСН 5, РГСН 10, РГСН 20, РГСН 25, РГСН 50, РГСН 60, РГСН 75, РГСН 100, РГСН 200. Число рядом с аббревиатурой указывает емкость бака в кубических метрах. Каждый из резервуаров может быть оснащен изоляцией, обогревом, несколькими камерами, а также изготовлен по одностенной или двустенной технологии.

Согласно требований пункта 5.3.1.3 ГОСТ 17032-2010. Рекомендуемые объемы резервуаров: 3, 4, 5, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 40, 50, 60, 75, 100 м.

Рабочая температура резервуаров колеблется от 0 ° С до 90 ° С. В этом случае минимально допустимая температура стенки может падать до -40 ° С. Рабочее давление колеблется от 0,01 МПа до 0,07 МПа. Среднее давление в резервуарах до 10 м³ составляет около 0,04 МПа, до 75 м³ - около 0,05 МПа. Стандартный срок службы – не меньше 10 лет.



Рисунок 2 – Резервуар горизонтальный стальной 5 м³

Габариты указаны для РГСН. Наземные баки по размеру и весу отличаются на несколько процентов в сторону увеличения. Толщина стали для корпуса лежит в диапазоне от 4 до 8 мм при объеме до 50 м³ и от 6 до 12 для резервуаров объемом более 50 м³. Используемые марки стали: Ст3, 09Г2С или нержавеющая сталь.



Рисунок 3 – Резервуар горизонтальный стальной подземный РГСП 50

Наибольшее распространение такие ёмкости получили на автозаправочных станциях и базах хранения нефтепродуктов. В нефтепромышленности они применяются для длительного складирования светлых и тёмных нефтепродуктов. Как с возможностью частой заливки и выкачки жидкостей из резервуаров, так и без неё. Сюда входят такие вещества, как бензин, ГСМ (горюче-смазочные материалы), отработанное масло, мазут, битум, а также различные химические отходы.

Такие резервуары наиболее широко использовались на автозаправочных станциях и базах хранения нефтепродуктов. В нефтяной промышленности они используются для длительного хранения светлых и темных нефтепродуктов. Как с возможностью частого наполнения и перекачивания жидкости из емкостей, так и без него. Сюда входят такие вещества, как бензин, битум, мазут, горюче-смазочные материалы, отработанное масло, а также различные химические отходы.

РГСН подходят не только для хранения нефтепродуктов, они широко используются в сельскохозяйственном секторе. Сильное и устойчивая к химическим воздействиям, внутренняя покрытие резервуаров хорошо сохраняет воду. Она может находиться в таком резервуаре долгое время без риска его разрушения. Защитный слой, которым оснащен корпус резервуара, предотвращает возможность коррозии.

При отсутствии внешних повреждений резервуар гарантированно сохраняет целостность внутреннего покрытия не менее 10 лет в условиях работы с химически агрессивными жидкостями. Если налить туда обычную воду, срок службы резервуара будет намного больше. Помимо воды сельхозпредприятия хранят в РГСН все виды минеральных удобрений и других химически активных веществ.

Значительное количество отраслей промышленности используют большое количество химических растворов в своих производственных процессах. Условия хранения, как правило, строго регламентированы и требуют обслуживания в резервуарах с определенными характеристиками. В себя включает не только прочность, долговечность и способность хранить химически агрессивные соединения. Некоторые жидкости всегда должны находиться в температурном диапазоне, который зимой может быть обеспечен только резервуаров с подогревом.



Рисунок 4 – Пожарный РГС 200 для хранения воды

К таким отраслям относятся фармацевтическая, пищевая, текстильная промышленность, а также другие предприятия, которые регулярно работают с большими объемами жидких веществ. РГСН используются не только в производственном цикле, но и в качестве сопутствующего оборудования. Это относится и к пожарным резервуарам. Стандарты пожарной безопасности на многих предприятиях требуют больших запасов воды для обеспечения

эффективной борьбы с пожарами. Стальные РГС отлично подходят для этих требований.

1.2 Производство РГСН

Производство горизонтальных резервуаров осуществляется на высокоточном современном оборудовании с использованием новых технологий, что позволяет добиться высокой надежности и длительного использования продукции. Стоимость резервуаров зависит от номинального объема контейнера, размеров по длине и диаметру цилиндра, веса металлической конструкции и функции.

Для стальных резервуаров предусмотрена многоуровневая технология антикоррозийной обработки, а подземные контейнеры обрабатываются специальными составами, которые защищают от разрушительного воздействия почвы, что повышает цену РГСН. Все конструкции завода выполнены по ГОСТ и нормам контроля.



Рисунок 5 – Изготовление РГСН

Резервуары РГСН имеют широкий спектр объемов и конфигураций, адаптированных к специфике предприятия.

Основной нормативный документ, регламентирующий их производство: ГОСТ 17032-2010 «Резервуары стальные горизонтальные для нефтепродуктов». Стандарт распространяется на горизонтальные стальные резервуары объемом от 3 до 100 м³, предназначенные для хранения

нефтепродуктов, а также других неагрессивных продуктов с плотностью до 1300 кг / м³.

Для создания таких конструкций используются различные виды стали - чаще всего легированная. Более того, их вместимость может быть разной. Поэтому пользователи могут легко выбрать подходящий размер или заказать изготовление резервуара РГСН по индивидуальному проекту с необходимыми характеристиками, например, с более жестким корпусом или подогревом.

Малоуглеродистая сталь Ст3 используется только для областей, где температура не опускается ниже -20 градусов. В остальных случаях использование стали 09Г2С категорий от 8 до 15 оправдано. Параметры хладостойкости материала определяются в период проверки прочности на деформацию.

Резервуары из стали также используют промышленности как:

- пищевая промышленность
- косметическая отрасль
- химическая и нефтехимическая промышленность
- складирование специальных жидкостей

Емкости из нержавеющей стали экологически чистые, устойчивы к коррозии, имеют длительный срок службы, не требуют специальной обработки, ухода и систематического восстановления наружного слоя. Подходящие марки стали для их производства: 08X18H10, 12X18H10T, AISI304, AISI321.



Рисунок 6 – РГС 60 из нержавеющей стали

Конструкция контейнеров состоит из стального цилиндра с двумя плоскими, коническими или сферическими днищами. Чтобы сделать изделие долговечным и прочным, боковые стенки оснащены ребрами жесткости.

Согласно техническим требованиям толщина стенок и днищ должна составлять 4 мм, но в зависимости от хранимого сырья и давления внутри контейнера возможно производство из более стабильной и плотной стали. В верхней части контейнера находятся дыхательные клапаны, уровнемер и люк-лаз, замерный люк.

Для комфортного обслуживания дополнительно установлена металлическая лестница со смотровой площадкой. Трубопровод монтируются в нижней части. Все конструкции обработаны антикоррозийным покрытием. Наземные конструкции устанавливаются на две седловидные стойки или на две несущие стойки. Они могут быть стальными или железобетонными.

Стальные горизонтальные резервуары имеют много преимуществ, среди которых:

- высокая прочность, жесткость и устойчивость к динамическим нагрузкам;
- оптимальный запас прочности конструкции против постоянного высокого давления столба воды;
- устойчивость к воздействию аномальных температур;

- возможность ремонта сих металлических полотен, соединительных узлов и комплектующих

- цена стального резервуара доступная

Наиболее долговечными являются двустенные контейнеры для нефтепродуктов, которые всегда производятся по индивидуальному проекту. Изготовление таких контейнеров осуществляется таким образом, чтобы сосуд в различных условиях не вызывал утечек хранимого сырья.

Чтобы гарантировать более высокую безопасность и надежность, существующее пространство между стенами заполнено инертным газом или жидкостью. Специально установленный манометр или бак с индикаторами давления поможет контролировать уровень давления в резервуаре. Любые нефтяные контейнеры под землей РГСН 60 или наземные РГСН 60 отвечают следующим требованиям:

- устойчивость к процессам коррозии, механическим повреждениям;

- экологическая безопасность;

- воздухопроницаемость;

- эргономичность

Конструкция стальных контейнеров часто может включать создание нескольких одинаковых по объему, а также различных секций, которые используются для сбора различных видов переработки сырой нефти.

Что касается стоимости, то она вполне оправдана. И если принять во внимание экономическую эффективность использования таких контейнеров, то она будет конкурентоспособной (даже с учетом затрат на изготовление резервуаров с двумя стенками). Ведь срок использования горизонтальных контейнеров для хранения нефтепродуктов составляет более 20 лет.

1.3 Монтаж РГСН

Монтаж горизонтальных резервуаров – это сложная работа, от качества выполнения которой зависит безопасная работа емкостей (с учетом правил эксплуатации).

Все работы выполняются в соответствии с технологической документацией, проектом производимых работ ППР и строительным документом, который считается частью рабочей документации. Основными исполнительными документами, в которых указаны все этапы монтажа, являются журналы и акты работ, тесты и выводы, исполнительные схемы.

Проект ППР основан на проекте КМ. Проектная документация содержит информацию о порядке и правилах выполнения всех монтажных и сварочных работ с использованием необходимого оборудования, испытаний и действий по обеспечению необходимой точности и качества сварки и сборки металлоконструкций, безопасности на объекте.

При выборе технологии установки горизонтального резервуара специалисты опираются на действующую нормативно-правовую базу Российской Федерации:

- ГОСТ 17032-2010 Горизонтальные резервуары из стали для нефтяных продуктов. Технические условия.

Более того, влияют на выбор конструкция самого резервуара (вертикальный, горизонтальный, сферический, наземный, подземный) и расположение объекта, его удаленность и доступность для спецтехники.



Рисунок 7 – Монтаж РГСП

Перед началом установки монтажа резервуара, подготавливается строительная площадка, возводятся необходимые конструкции, подводятся подъездные пути, включая инженерные коммуникации. Подготовка основания и фундамента является основной стадией, так как она влияет на скорость и равномерность усадки металлических конструкций, и, следовательно, на сохранение ее устойчивости и формы.

Горизонтальные наземные резервуары транспортируются на стройплощадку в полной заводской готовности. Они монтируются на железобетонном основании с помощью тросов. Корпус жестко закреплен на основании с помощью седел или опор с помощью анкерных болтов, чтобы избежать опрокидывания из-за сильных ветровых нагрузок.

Монтаж подземных контейнеров осуществляется по ГОСТ 17032-2010 Горизонтальные контейнеры для нефтепродуктов. Технические условия, в которых отмечены технические требования к подземной локации:

1. Сосуды монтируются в заранее вырытую землю на песчаное основание, толщиной не менее 200 мм.
2. Горловины, люки и трубы должны находиться на 200 мм выше уровня земли.
3. Корпус должен располагаться ниже уровня промерзания земли.

При использовании подземных контейнеров в северных регионах котлованы должны быть оборудованы системой отопления. Если в рабочей зоне имеется высокий уровень грунтовых вод, корпус жестко прикрепляется к железобетонному фундаменту с помощью тросов и анкерных болтов. Это исключает выдавливание резервуара.

Сверху подземные контейнеры покрыты песком и цементно-песчаным грунтом с систематическим уплотнением слоев. Для группового расположения подземных судов необходимо установить бетонные стены или кольца, которые защитят резервуар от высокого давления грунта.

По завершении строительно-монтажных работ на вертикальных, горизонтальных, шаровых наземных или подземных резервуарах, установке технологического оборудования, выполнении всех мероприятий в соответствии с производственным проектом объект строительства передается заказчику.



Рисунок 8 – Доставка РГС в северных районах

1.4 Эксплуатация РГСН

Основным назначением резервуаров типа РГСН (резервуар горизонтальные стальные наземный) является прием, накопление, доставка воды, нефтепродуктов и других различных жидкостей с плотностью не более $1 \text{ т} / \text{м}^3$. Резервуар горизонтальный стальной имеет цилиндрическую форму с

различной толщиной днища. Основными видами днищ для наполнения резервуаров являются плоские и конические.

Резервуары типа РГСН используются на предприятиях нефтехимического комплекса, очистных сооружениях, аэропортах.

Резервуары горизонтальные стальные служат не только для накопления жидкостей, но и для измерения объема. Внутреннее покрытие резервуара выбирается в зависимости от того, какая жидкость будет храниться в резервуаре. В резервуарах этого типа могут храниться различные нефтепродукты, питьевая вода, горюче-смазочные материалы, дизельное топливо. Часто РГСН используются для хранения воды для пожаротушения.

Чтобы обеспечить доступ к поверхности наземного резервуара для осмотра, технического обслуживания или ремонта резервуара, в конструкции должна быть предусмотрена горловина. Наряду с изготовлением металлоконструкций самого резервуара, производятся металлические конструкции смотровых площадок, лестниц и систем ограждений.

Подземные резервуары имеют горловину, расположенную над землей для удобного доступа к оборудованию. Горловина защищена технологическим колодцем.

По ГОСТ 17032-2010 жидкости хранятся в резервуарах с избыточным давлением от 0,001 МПа до 0,007 МПа и плотностью не более 1000 кг / м³ при температуре в диапазоне от -65 ° С до 90 ° С. Сейсмичность на территории которой монтируется резервуар типа РГС, не должно превышать семи баллов по ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Варианты для различных климатических регионов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортировки в части воздействия климатические факторы окружающей среды» климатические условия хранения У1 и УХЛ1.



Рисунок 9 – Резервуары типа РГС с оснащением смотровых площадок и лестницами

Персонал, отвечающий за техническую эксплуатацию резервуаров и парка резервуаров, должен контролировать надежность и работу в соответствии с правилами техники безопасности, а также поддерживать качество и количество нефтепродуктов. При выполнении всех задач достигается соблюдение правил эксплуатации, контроль технического обслуживания и состояния резервуаров, а также своевременная подготовка к зимнему сезону и паводкам.

При заполнении резервуара нефтепродуктами, скорость продукта в приемо-раздаточном патрубке должна быть ниже 1 м/с, до полного заполнения струи, и не зависеть от диаметра патрубка и емкости резервуара. При отборе проб из резервуара происходит обязательное наблюдение чтобы не допустить разлива нефтепродукта.

2. Анализ аварийных ситуаций

Резервуары и емкости для хранения нефти и нефтепродуктов являются одними из наиболее пожароопасных объектов, несмотря на все усилия, предпринимаемые разработчиками всех видов противопожарного оборудования, предназначенного для уменьшения условий и вероятности возникновения пожаров.

К наиболее вероятным причинам пожаров относятся:

- высокая степень взрывоопасности нефтепродуктов
- возможные наличие дефектов сварных соединений
- неравномерное воздействие массы конструкции на основания
- возможные искажения и деформация геометрической формы емкости, приводящие к перемещению стенки
- плохая защита емкости от коррозии
- бесконтрольность сплошности и нагружений в районе уторного шва и др.

Кроме того, со временем сами емкости РГСН и установленное пожарное оборудование изнашиваются и становятся непригодными для использования.

Анализ аварийных ситуаций на резервуарах выявил, что фактическое количество аварий на 2 порядка больше, чем расчётное нормативное значение. Насколько опасно возникновение аварийной ситуации рассчитывается исходя из того, каков размер причиненного аварией ущерба.

Возможные варианты аварий на РГСН:

- пожар или взрыв разлившегося нефтепродукта
- хрупкие разрушения емкости
- полный отказ работы резервуара

По месту возникновения и опасного проявления источники зажигания можно разделить на внутренние и внешние в зависимости от расположения рассматриваемой точки внутри или снаружи резервуара. При этом местом опасного проявления считается место поджигания горючей смеси. Места

происхождения и опасного проявления источника нередко совпадают, но некоторые, внешние по происхождению, по месту опасного проявления могут быть как внешними, так и внутренними. Например, мощный удар молнии может поджечь горючую смесь в газовом пространстве резервуара.

По типу проводимых технологических операций пожары можно разделить на три группы:

- при закачке в резервуары нефти, недостаточно сепарированной от газа, на нефтепромыслах;
- при перекачке из резервуаров нефти, имеющей высокую упругость паров, на нефтепромыслах и нефтепроводах;
- при заполнении резервуаров нефтепродуктами на резервуарных парках и нефтебазах.

В этих случаях источниками зажигания служили автомобили, движущиеся по территории резервуарных парков; технологические огневые нагреватели; факелы для сжигания сбросовых газов; искры от контактов магнитных пускателей и другого электрооборудования; открытый огонь и курение.

Нормы и правила предусматривают ряд мер против опасного проявления таких источников зажигания: оборудование автомобилей искрогасителями; противопожарные разрывы до факелов и огневых печей; взрывозащищенное исполнение электроустановок, размещаемых в пределах взрывоопасных зон.

В усилении борьбы с пожарами, неоднократно приводившими к человеческим жертвам, возможны два направления: первое - дальнейшее увеличение противопожарных разрывов между резервуарами и опасными устройствами и снижение уровня загазованности при опасных технологических режимах; второе - улучшение сепарации сырой нефти, работа резервуаров с неподвижным и малоподвижным уровнем жидкости, смешение и измерение расходов жидкостей на потоке, внедрение резервуаров с плавающей крышей или понтоном, применение газоуравнительных систем.

Важным моментом в возникновении аварийных ситуаций можно считать появление хрупкого разрушения резервуара. Таким образом, при неправильной установке корпуса люка-лаза происходит такое распределение концентрации напряжений, которое приводит к разрушению конструкции резервуара и выбросу продукта в окружающую среду.

Кроме того, развитие хрупких разрушений способствует снижению температуры, которая может отрицательно сказываться на прочности металла. Другим фактором появления хрупких деформаций стоит считать свойства используемых сталей.

Во время налива и слива нефтепродуктов могут возникать искры статического электричества, что недопустимо при повышенных взрывоопасных условиях эксплуатации резервуара и приводит к катастрофическим последствиям. Для предотвращения искр обязательно заземление емкости. Важно, чтобы дыхательная арматура использовалась во время процессов слива и слива, иначе резервуар деформируется.

Другие не менее распространенные факторы также могут привести к аварийным ситуациям, как то: качество монтажа или условия эксплуатации резервуара.

Хрупкое разрушение резервуара происходит под влиянием комплекса неблагоприятных факторов. В числе преобладающих факторов, определяющих хрупкое разрушение резервуаров, можно назвать температуру.

Понижение температуры влияет на прочность металла. Известно, что в металле без трещин и надрезов прочность при понижении температуры не снижается, а в металле с концентраторами напряжений разрушение становится более хрупким с понижением температуры. Однако, как показывает практика эксплуатации резервуаров, низкая температура и соответствующая ей повышенная хрупкость основного металла не являются обязательными условиями внезапного разрушения конструкций.

Одним из необходимых мероприятий, направленных на повышение надежности резервуаров, является изучение опыта эксплуатации резервуаров

и причинно-следственный анализ их аварий. Однако сбор статистических данных и анализ причин аварий резервуаров осложняются тем, что информация о подобных авариях является закрытой. Более того, на основании исследований 2020 года установлено, что общее число аварий в 3-5 раз больше регистрируемых. Поэтому анализу подвергаются аварии, информация о которых становится известна из технической литературы, периодических изданий.

Изучая статистику разрушения резервуаров, можно отметить, что на практике большинство хрупких разрушений емкостей возникают в результате сварных дефектов или трещины малоциклового усталости.

3. 3. Расчетная аналитическая часть

Расчеты проводим по ГОСТ Р 52857.3-2007 "Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность". Настоящий стандарт устанавливает нормы и методы расчета изотермических резервуаров, предназначенных для хранения и транспортирования.

К расчету приняты следующие входные от научного руководителя:

Таблица 1 - Входные данные

| № | Наименование | Примечание |
|----|---|------------------------------------|
| 1 | Рабочая среда | 800 кг\м ³ углеводороды |
| 2 | K заполнения аппарата | 0,80 |
| 3 | Вид испытаний | Гидроиспытания |
| 4 | Давление испытаний | 0,70 МПа |
| 5 | Диаметр обечайки | 2,8 м |
| 6 | Толщина стенки сосуда S _T | 0,018 м |
| 7 | Толщина стенки днища S _д | 0,021 м |
| 8 | Объем продукта | 61,89 м ³ |
| 9 | Продолжительность работы сосуда | 10 лет |
| 10 | Длина сосуда | 9 м |
| 11 | Плотность жидкости/газа | 800 кг/куб.м |
| 12 | Расчётный изгибающий момент, М: | 3,956·10 ⁵ Н м |
| 13 | Расчётное поперечное усилие, Q: | 2,792·10 ⁵ Н |
| 14 | Модуль продольной упругости при испытании | 2·10 ⁵ МПа |

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H}$$

Коэффициент прочности сварного шва: $\varphi=1$

Условия нагружения: Расчетная температура $T=100$ °С, расчетное внутреннее давление $p=0,6233$ МПа.

Расчет на прочность и устойчивость по ГОСТ Р 52857.2-2007

Допускаемые напряжения для материала 12Х18Н10Т при температуре $T=100$ °С (рабочие условия).

За величину нормативного допускаемого напряжения (σ^*) МПа материала принимается меньшее из двух значений:

$$\sigma = \frac{\sigma_T}{1,5} = \frac{205}{1,5} = 136,6 \text{ МПа},$$

$$\sigma = \frac{\sigma_B}{2,6} = \frac{530}{2,6} = 203,8 \text{ МПа},$$

где σ_T - предел текучести и σ_B предел прочности принимаются по ГОСТ 7350-77 на материал.

Принимаем $[\sigma] = 136,6 \text{ МПа}$.

Модуль продольной упругости для материала 12Х18Н10Т при температуре $T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$:

$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ принимается по ГОСТ Р 52857.1-2007

Днища, нагруженные внутренним избыточным давлением

Радиус кривизны в вершине днища:

$$R = \frac{D^2}{4H} = \frac{2800^2}{4 \cdot 700} = 2800 \text{ мм}$$

Расчётная толщина стенки с учётом прибавок:

$$S_{ip} + c = \frac{p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot p}, \quad (1)$$

$$S_{ip} = \frac{0,6223 \cdot 2800}{2 \cdot 136,6 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,6223} + 1,8 = 6,3853 \text{ мм}$$

Допускаемое давление:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S_1 - C)}{R + 0,5 \cdot (S_1 - C)}, \quad (2)$$

$$[p] = \frac{2 \cdot 136,6 \cdot 1 \cdot (21 - 1,8)}{2800 + 0,5 \cdot (21 - 1,8)} = 1,871 \text{ МПа}$$

$1,871 \text{ МПа} \geq 0,6233 \text{ МПа}$ – условия прочности выполнено.

Расчет в условиях гидроиспытания

Условия нагружения при испытании: расчётная температура $T=20^\circ\text{C}$, расчётное внутреннее избыточное давление $p=0,7792 \text{ МПа}$.

Расчёт на прочность и устойчивость по ГОСТ Р 52857.2-2007

По ГОСТ Р 52857.1-2007 расчёт на прочность при испытаниях допускается не проводить, если выполнено условие:

$$P_{\text{исп}} < 1,35 \cdot P_{\text{расч}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}, \quad (3)$$

$$P_{\text{расч}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot \frac{0,6233}{136,6} = 0,9462 \geq 0,7792 \text{ МПа}$$

3.1 Расчет штуцера, расположенный на днище

Исходные данные для штуцера: тип элемента, несущего штуцер днище эллиптическое; тип элемента несущего штуцер, днище эллиптическое; тип штуцера, проходящий без укрепления; материал штуцера 12X18H10T; внутренний диаметр штуцера 0,012 м; толщина стенки штуцера: $S_1=0,003$ м.

Сумма прибавок к толщине стенки штуцера (включая коррозию) $S_{\text{ш}}=0,001$ м; длина штуцера $L=0,065$ м; смещение штуцера, $R_{\text{ш}}=1,1$ м; угол поворота штуцера 180° ; полученный угол наклона штуцера $(-31,79)^\circ$; длина внутренней части штуцера $l_3: 0,01$ м; минимальный размер сварного шва, $\varphi=0,004$ м.

Коэффициенты прочности сварных швов: Продольный шов штуцера $\varphi_l=1$; шов обечайки в зоне врезки штуцера: $\varphi=1$.

Расчётный диаметр выпуклого эллиптического днища (D_p) определяем по формуле:

$$D_p = \frac{D^2}{2 \cdot H} \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \frac{(D^2 - 4 \cdot H^2)}{D^4}} \cdot R_{\text{ш}}^2, \quad (4)$$

$$D_p = \frac{2,8^2}{2 \cdot 0,7} \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \frac{(2,8^2 - 4 \cdot 0,7^2)}{2,8^4}} \cdot 1,1^2 = 4,025 \text{ м}$$

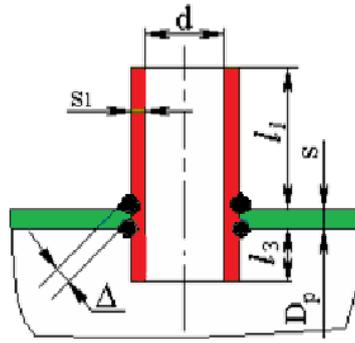


Рисунок 10 – Штуцер

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения: расчётная температура $T=100\text{ }^{\circ}\text{C}$; расчётное внутреннее избыточное давление $p=0,6199\text{ МПа}$.

Расчет укрепления отверстия по ГОСТ Р 52857.3-2007.

Допускаемые напряжения для материала 12Х18Н10Т при температуре $T=100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рабочие условия): $[\sigma]=136,6\text{ МПа}$.

Модуль продольной упругости при температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$: $E=2 \cdot 10^5$

Расчётная толщина стенки штуцера:

$$S_{1p} = \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \phi_1 - p}, \quad (5)$$

$$S_{1p} = \frac{0,6199 \cdot (12 + 2 \cdot 1)}{(2 \cdot 136,6 \cdot 1 - 0,6199)} = 0,3183\text{ мм}$$

Допускаемое давление для патрубка штуцера:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma]_1 \cdot \phi_1 \cdot (s_1 - c)}{d + s_1 + c_s}, \quad (5)$$

$$[p] = \frac{2 \cdot 136,6 \cdot 1 \cdot (3 - 1)}{12 + 3 + 1} = 34,15\text{ МПа}$$

Расчётная толщина стенки несущего элемента в месте расположения штуцера:

$$S_p = \frac{p \cdot D_p}{4\phi \cdot [\sigma] - p} = \frac{0,6199 \cdot 4,025}{4 \cdot 1 \cdot 136,6 - 0,6199} = 4,247\text{ мм},$$

Расчётный диаметр отверстия (смещённый штуцер на эллиптическом днище):

$$d_p = \frac{d + 2 \cdot C_s}{\sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot R_{III}}{D_p}\right)^2}}, \quad (7)$$

$$d_p = \frac{d + 2 \cdot C_{III}}{\sqrt{\left(\frac{2 \cdot R_{III}}{D_p}\right)^2}} = \frac{0,012 + 2 \cdot 0,001}{\sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot 1,1}{4,104}\right)^2}} = 13,72 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)}, \quad (8)$$

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{21 - 1,8}{4,247} \right) - 0,8 \cdot \sqrt{4,025 \cdot (21 - 1,8)} = 2083 \text{ мм}$$

$d_p < d_0$: Условие прочности выполнено.

Расчётная длина внешней части штуцера:

$$l_{1p} = \min \left\{ l_1; 1,25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)} \right\}, \quad (9)$$

$$l_{1p} = \min \left\{ 65; 1,25 \cdot \sqrt{(12 + 2 \cdot 1) \cdot (3 - 1)} \right\} = 5,761 \text{ мм}$$

Отношения допускаемых напряжений

Для внешней части штуцера:

$$\chi_1 = \min \left\{ 1,0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\}, \quad (10)$$

$$\chi_1 = \min \left\{ 1,0; \frac{136,6}{136,3} \right\} = 1$$

Расчётная длина внутренней части штуцера:

$$l_{3p} = \min \left\{ l_3; 0,5 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (S_3 - C_s - C_{s1})} \right\}, \quad (11)$$

$$l_{3p} = \min \left\{ 10; 0,5 \cdot \sqrt{(12 + 2 \cdot 1) \cdot (3 - 1 - 1)} \right\} = 1,867$$

Ширина зоны укрепления:

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (S - C)} = \sqrt{4,025 \cdot (0,021 - 0,0018)} = 231,8 \text{ мм},$$

Расчётная ширина зоны укрепления:

$$l_p = L_0 = 231,8 \text{ м}$$

Расчётный диаметр отверстия, не требующего дополнительного укрепления:

$$d_{0p} = 0,4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (S - C)} = 0,4 \cdot \sqrt{4,025 \cdot (0,021 - 0,0018)} = 111,6 \text{ м},$$

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (S_1 - C_{III}) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot S_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (S_3 - C_{III} - C_{s1}) \cdot \chi_3}{l_p \cdot (S - C)}}{1 + 0,5 \cdot \frac{d_p - d_{0p}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot C_{s1}}{D_p} \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right\} =$$

$$\min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{0,005632 \cdot (0,003 - 0,001) \cdot 1 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0,001562 \cdot (0,003 - 0,001 - 0,001) \cdot 1}{0,2318 \cdot (0,021 - 0,0018)}}{1 + 0,5 \cdot \frac{0,01372 - 0,1026}{0,2318} + 1 \cdot \frac{d + 2 \cdot 0,001}{4,043} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{0,005632}{0,2318}} \right\}$$

$$V = 1,029 = 1,$$

$$[P]_p = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (S - C) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{D_p + (S - C) \cdot V} = \frac{2 \cdot 2 \cdot (0,021 - 0,0018) \cdot 1 \cdot 136,6}{4,043 + (0,021 - 0,0018)} = 2,635 \text{ МПа},$$

Площадь, необходимая для укрепления отверстия:

$$A_r = 0,5(d_p - d_{0p}) \cdot S = 0,5 \cdot (0,01372 - 0,1026) \cdot 0,003177 = (-134) \text{ мм}^2, (19)$$

Располагаемая площадь укрепления отверстия:

$$A_2 = l_{1p} \cdot (s_1 - s_{1p} - c_s) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot s_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (s_3 - c_s - c_{s1}) \cdot \chi_3 + l_p \cdot (s - S_p - c)$$

$$A_2 = 0,005632 \cdot (0,003 - 3,270 \cdot 10^{-5} - 0,001) \cdot 1 + 0 \cdot 0 \cdot 0 + 0,001562 \cdot$$

$$\cdot (0,003 - 0,001 - 0,001) \cdot 1 + 0,2318 \cdot (0,021 - 0,003177 - 0,0018) = 3905$$

$-134 \text{ мм}^2 \leq 3905 \text{ мм}^2$. Условия прочности выполнено.

3.2 Расчет обечайка цилиндрическая

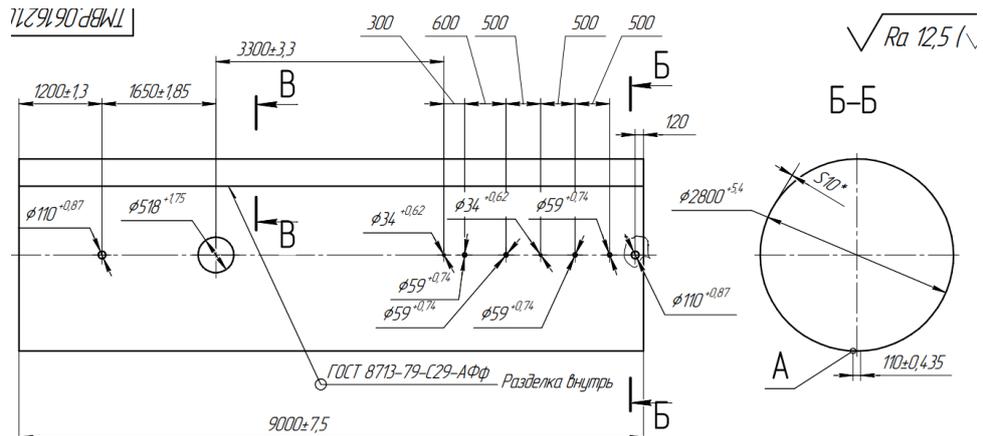


Рисунок 11 – Обечайка

Исходные данные: материал 12X18H10T; внутренний диаметр $D=2800$; толщина стенки $s=18$ мм; прибавка для компенсации коррозии и эрозии $c_1=1$ мм; прибавка для компенсации минусового допуска $c_2=0,8$ мм; прибавка технологическая $c_3=0$ мм; сумма прибавок к расчётной толщине стенки $c=1,8$ мм; Длина обечайки $L=9000$ м.

Коэффициенты прочности сварных швов: Продольный шов $\varphi_p=1$; окружной шов $\varphi_m=1$.

Расчет в рабочих условиях

Условия нагружения: Расчётная температура $T=100$ °С; расчётное внутреннее избыточное давление $p=6233$ МПа; расчётный изгибающий момент $M=3,662 \cdot 10^5$ Н м; расчётное поперечное усилие $Q=2,59 \cdot 10^5$ Н; расчётное осевое растягивающее усилие $F=0$ Н.

Расчет на прочность и устойчивость по ГОСТ Р 52857.2-2007.

Проводим расчет толщины стенки сосуда по формуле:

$$S = \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \varphi[\delta] - P_p} + C = \frac{0,713735 \cdot 2,8}{2 \cdot 1 \cdot 136,6 - 0,713735} + 1,8 = 7,672 \text{ мм},$$

$7,672 \text{ мм} \leq 18 \text{ мм}$ – условия работоспособности выполняются.

$$[p] = \frac{2 \cdot [\delta] \cdot \varphi \cdot (S_T - C)}{D + (S_T - C)} = \frac{2 \cdot 136,6 \cdot 1 \cdot (18 - 1,8)}{2,8 + (18 - 1,8)} = 2,452 \text{ МПа},$$

Давления допускаемое больше от расчетного $2,452 \text{ МПа} \geq 0,6233 \text{ МПа}$
условие прочности выполнено.

Обечайка, нагруженная изгибающим моментом

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условия прочности $[F]_{II}$
считаем по формуле:

$$[F]_{II} = \pi \cdot (D + S_T - C) \cdot (S_T - C) \cdot [\sigma], \quad (12)$$

$$[F]_{II} = 3,14 \cdot (2800 + 18 - 1,8) \cdot (18 - 1,8) \cdot 136,6 = 1,956 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$$

где значение D - диаметр сосуда, $[\sigma]$ -допускаемого напряжения, C -
величина прибавки на компенсацию коррозии, S_T -табличная толщина
оболочки.

Допускаемый изгибающий момент из условия прочности со стороны
сжатия $[M]_{II}$ считаем по формуле:

$$[M]_{II} = \frac{D}{4} \cdot [F]_{II} = \frac{2,8}{4} \cdot 1,956 \cdot 10^{-7} = 1,369 \text{ Н}$$

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условия местной
устойчивости $[F]_{E1}$ считаем по формуле:

$$[F]_{E1} = \frac{31,0 \cdot 10^{-5} \cdot E}{n_y} \cdot D^2 \cdot \left[\frac{100 \cdot (S_T - C)}{D} \right]^{25}, \quad (13)$$

$$[F]_{E1} = \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5}{1,8} \cdot 2,8^2 \cdot \frac{100 \cdot (0,018 - 0,0018)^{-25}}{2,8} = 4,975 \cdot 10^7 \text{ Н}$$

где (n_y) коэффициент запаса устойчивости при расчете на устойчивость,
по нижним критическим напряжениям в пределах упругости принимаем 1,8 по
ГОСТ 14249-80, E - модуль продольной упругости равным $2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Допускаемый изгибающий момент из условия устойчивости в пределах
упругости $[M]_E$ считаем по формуле:

$$[M]_E = \frac{D}{3,5} \cdot [F]_{E1} = \frac{2,8}{3,5} \cdot 4,975 \cdot 10^{-7} = 3,837 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$$

Допускаемый изгибающий момент $[M]$ определяем по формуле:

$$[M] = \frac{[M]_{\text{П}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[M]_{\text{П}}}{[M]_{\text{E}}}\right)^2}} = \frac{1,794 \cdot 10^7}{\sqrt{1 + \left(\frac{1,794 \cdot 10^7}{3,837 \cdot 10^7}\right)^2}} = 1,103 \cdot 10^7 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

Допускаемый изгибающий момент больше табличного $1,103 \cdot 10^7 \text{ Н}\cdot\text{м} \geq 3,956 \cdot 10^5 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Условие прочности и устойчивости выполнено.

Обечайка, нагруженная поперечным усилием

Допускаемое поперечное усилие из условия прочности $[Q]_{\text{П}}$ считаем по формуле:

$$[Q]_{\text{П}} = 0,25 \cdot \pi \cdot D \cdot (S - C) \cdot [\sigma], \quad (14)$$

$$[Q]_{\text{П}} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2,800 \cdot (18 - 1,8) \cdot 136,6 = 4,690 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Допускаемое поперечное усилие из условия устойчивости $[Q]_{\text{E}}$ считаем по формуле:

$$[Q]_{\text{E}} = \frac{2,4 \cdot E \cdot (S - C)^2}{n_y} \cdot \left[0,18 + 3,3 \cdot \frac{D(S - C)}{l_Q^2} \right], \quad (15)$$

$$[Q]_{\text{E}} = \frac{2,4 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot (18 - 1,8)^2}{1,8} \cdot \left[0,18 + 3,3 \cdot \frac{2,7(18 - 1,8)}{9,624} \right]$$

$$[Q]_{\text{E}} = 1,899 \cdot 10^7 \text{ Н}$$

где расчётная длина для расчёта от действия поперечной силы принимаем $l_Q = 9,627 \text{ м}$.

$$[Q] = \frac{[Q]_{\text{П}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[Q]_{\text{П}}}{[Q]_{\text{E}}}\right)^2}} = \frac{4,690 \cdot 10^6}{\sqrt{1 + \left(\frac{4,690 \cdot 10^6}{1,899 \cdot 10^7}\right)^2}} = 6,609 \cdot 10^6 \text{ Н},$$

Допускаемое поперечное усилие больше табличного, $6,609 \cdot 10^6 \text{ Н} \geq 2,792 \cdot 10^5 \text{ Н}$. Условие прочности и устойчивости выполнено.

Обечайка, работающая под совместным действием наружного давления, осевого сжимающего усилия, изгибающего момента и поперечного усилия.

Проверка условия устойчивости проводится по формуле:

$$\frac{\rho_H}{[\rho_H]} + \frac{F}{[F]} + \frac{M}{[M]} + \frac{Q}{[Q]} \leq 1, \quad (16)$$

$$\frac{0}{0} + \frac{0}{0} + \frac{3,956 \cdot 10^5}{1,103 \cdot 10^7} + \frac{2,792 \cdot 10^5}{6,609 \cdot 10^6} = 0,04154 \leq 1$$

где $[\rho_H]$ -допускаемое наружное давление, $[F]$ -допускаемое осевое сжимающее усилие, $[M]$ -допускаемый изгибающий момент, $[Q]$ -допускаемое поперечное усилие.

Заключение: Условие устойчивости выполнено.

Обечайка, нагруженная осевым растягивающим усилием

Допускаемое осевое растягивающее усилие $[F]$ определяется по формуле:

$$[F] = \pi \cdot (D + S_T - C) \cdot (S_T - C) \cdot [\sigma] \cdot \varphi, \quad (17)$$

$$[F] = 3,14 \cdot (2800 + 18 - 1,8) \cdot (18 - 1,8) \cdot 136,6 \cdot 1 = 1,933 \cdot 10^7 \text{ Н}$$

Допускаемый изгибающий момент из условия прочности со стороны растяжения $[M]_{\text{пр}}$ определяем по формуле:

$$[M]_{\text{пр}} = \frac{D}{4} \cdot [F] = \frac{2800}{4} \cdot 1,933 \cdot 10^7 = 1,353 \cdot 10^7 \text{ Н}$$

Обечайка, работающая под совместным действием внутреннего давления, осевого растягивающего усилия и изгибающего момента. Проверка условия прочности проводится по формуле:

$$\frac{F + P_p \cdot \frac{\pi D^2}{4}}{[F]} + \frac{M}{[M]_{\text{пр}}} \leq 1,0, \quad (18)$$

$$\frac{0 + 0,71373 \cdot \frac{3,14 \cdot 2,8^2}{4}}{1,933 \cdot 10^7} + \frac{3,956 \cdot 10^5}{1,353 \cdot 10^7} = 0,01734 \leq 1,0$$

Заключение: Условие прочности выполнено.

Расчет на прочность от воздействия внешних нагрузок по ГОСТ Р 52857.3 – 2007

Условия нагружения: Радиальная нагрузка, $FR=270,8$ Н; окружной момент $MC=0$ Н м; продольный момент $ML=0$ Н м; Крутящий момент $MT=0$ Н м; сдвигающая нагрузка $FC=0$ Н м; сдвигающая нагрузка $FL=0$ Н м.

$$s_3 = s - c = 18 - 1,8 = 16,2 \text{ мм},$$

Средний диаметр обечайки у отверстия:

$$D_c = D_p + s + c = 2800 + 18 + 1,8 = 2819,8 \text{ мм},$$

Средний диаметр штуцера:

$$d_c = d + s_1 + c_s = 80 + 5 + 1 = 85 \text{ мм},$$

$$\lambda_c = \frac{d_c}{\sqrt{D_c \cdot S_3}}, \quad (20)$$

$$\lambda_c = \frac{85}{\sqrt{2819,8 \cdot 16,2}} = 0,3094$$

Расстояние от края штуцера до возможного концентратора напряжений:

$$d_p = 277 \text{ мм}$$

Средний радиус обечайки у отверстия:

$$R_c = \frac{D_c}{2}, \quad (21)$$

$$R_c = \frac{2819,8}{2} = 1409,9 \text{ м}$$

Прочность от действия давления:

$$\Phi_p = \left| \frac{p}{|p|} \right|, \quad (22)$$

$$\Phi_p = \frac{0,6}{1,634} = 0,3673$$

Условие прочности: $\Phi_p \leq 1$

$0,3673 \leq 1,0$. Условие прочности выполнено

Осевое растягивающее усилие, действующее на штуцер:

$$F_z = -F_R = (-270,8) \text{ Н}$$

$$\lambda_c = \frac{d_c}{\sqrt{D_c \cdot (S - C)}}, \quad (23)$$

$$\lambda_c = \frac{85}{\sqrt{2819,8 \cdot (18 - 1,8)}} = 0,3977$$

$$C_1 = a_0 + a_1 \cdot \lambda_c + a_2 \cdot \lambda_c^2 + a_3 \cdot \lambda_c^3 + a_4 \cdot \lambda_c^4, \quad (24)$$

$$C_1 = 0,6007 + 0,952 \cdot 0,3977 + 0,005196 \cdot 0,3977^2 + (-0,001406) \cdot 0,3977^3 + 0 \cdot 0,3977^4 = 0,98$$

Допускаемое осевое усилие на штуцер при отсутствии накладного кольца ($\lambda_c = 0,3977$):

$$[F]_z = [\sigma] \cdot (s - c)^2 \cdot \max \{C_1; 1,81\}, \quad (25)$$

$$[F]_z = 136,6 \cdot (18 - 1,8)^2 \cdot \max \{0,98; 1,81\} = 6,488 \cdot 10^4$$

Прочность от действия осевой нагрузки:

$$\Phi_z = \left| \frac{F_z}{[F]_z} \right|$$

$$\Phi_z = \left| \frac{(-270,8)}{6,488 \cdot 10^4} \right| = 0,004173 \quad (26)$$

Условие прочности: $\Phi_z \leq 1$

$0,004173 \leq 1,0$. Условие прочности выполнено

Окружной приведенный момент, действующий на штуцер:

$$M_x = M_c + F_c \cdot l_1, \quad (27)$$

$$M_x = 0 + 0 \cdot 65 = 0 \text{ Н}$$

Продольный приведенный момент, действующий на штуцер:

$$M_x = 0 + 0 \cdot 65 = 0 \text{ Н}$$

$$C_2 = a_0 + a_1 \cdot \lambda_c + a_2 \cdot \lambda_c^2 + a_3 \cdot \lambda_c^3 + a_4 \cdot \lambda_c^4, \quad (28)$$

$$C_2 = 4,526 + 0,06402 \cdot 0,3977 + 0,1589 \cdot 0,3977^2 + (-0,02142) \cdot 0,3977^3 + 0,001035 \cdot 0,3977^4 = 4,576$$

Допускаемый изгибающий момент, действующий на штуцер в плоскости, перпендикулярной к оси сосуда, при отсутствии накладного кольца ($\lambda_c = 0,3977$):

$$[M]_x = [\sigma] \cdot (s - c)^2 \cdot \frac{d_c}{4} \cdot \max\{C_2; 4,9\}, \quad (29)$$

$$[M]_x = 136,6 \cdot (18 - 1,8)^2 \cdot \frac{85}{4} \cdot \max\{4,576; 4,9\} = 3732 \text{ Н}$$

$$C_3 = a_0 + a_1 \cdot \lambda_c + a_2 \cdot \lambda_c^2 + a_3 \cdot \lambda_c^3 + a_4 \cdot \lambda_c^4 = 5,178, \quad (30)$$

Допускаемый изгибающий момент, действующий на штуцер в плоскости, перпендикулярной к оси сосуда, при отсутствии накладного кольца ($\lambda_c = 0,3977$):

$$[M]_y = [\sigma] \cdot (s - c)^2 \cdot \frac{d_c}{4} \cdot \max\{C_3; 4,9\}, \quad (31)$$

$$[M]_y = 136,6 \cdot (18 - 1,8)^2 \cdot \frac{85}{4} \cdot \max\{5,178; 4,9\} = 3944 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Прочность от действия изгибающих моментов:

$$\Phi_b = \sqrt{\left(\frac{M_x}{[M_x]}\right)^2 + \left(\frac{M_y}{[M_y]}\right)^2}, \quad (32)$$

$$\Phi_b = \sqrt{\left(\frac{0}{3732}\right)^2 + \left(\frac{0}{3944}\right)^2} = 0$$

Условие прочности: $\Phi_b \leq 1$

$0 \leq 1,0$. Условие прочности выполнено.

Прочность от совместного действия нагрузок:

$$\sqrt{\left[\max\left(\left|\frac{\Phi_p}{C_4} + \Phi_z\right|; \left|\Phi_z\right|; \left|\frac{\Phi_p}{C_4} - 0,2 \cdot \Phi_z\right|\right)\right]^2 + \Phi_b^2}, \quad (33)$$

$$\sqrt{\left[\max \left(\left| \frac{0,3673}{1} + (-0,004173) \right|; \left| (-0,004173) \right|; \left| \frac{0,3673}{1} - 0,2 \cdot 0,004173 \right| \right) + 0^2 \right]^2} = 0,3724$$

Если $F_z < 0$, то знак Φ_z меняется на противоположный

$$\text{Условие прочности: } \sqrt{\left[\max \left(\left| \frac{\Phi_p}{C_4} + \Phi_z \right|; \left| \Phi_z \right|; \left| \frac{\Phi_p}{C_4} - 0,2 \cdot \Phi_z \right| \right) \right]^2} + \Phi_b^2$$

$0,3724 \leq 1,0$. Условие прочности выполнено.

Максимальные продольные растягивающие напряжения в штуцере

$$\sigma_1 = \frac{p \cdot (d + s_1)}{4 \cdot (s_1 - c_s)} + \frac{4 \cdot \sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{\pi \cdot (d + s_1)^2 \cdot (s_1 - c_1)} + \frac{F_z}{\pi \cdot (d + s_1) \cdot (s_1 - c_s)}, \quad (34)$$

$$\sigma_1 = \frac{0,6 \cdot (79 + 5)}{4 \cdot (5 - 1)} + \frac{4 \cdot \sqrt{0^2 + 0^2}}{3,14 \cdot (79 + 5)^2 \cdot (5 - 1)} + \frac{0}{3,14 \cdot (79 + 5) \cdot (5 - 1)} = 3,15 \text{ МПа}$$

Если F_z создает сжимающее напряжение, ее следует принять равной нулю.

$$\text{Условие прочности: } \sigma_1 \leq [\sigma]_1$$

$3,15 \text{ МПа} \leq 136,6 \text{ МПа}$. Условие прочности выполнено.

$$\frac{|p|}{[p]} + \frac{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{[M]} + \frac{|F_z|}{[F]}, \quad (35)$$

$$\frac{0}{13,36} + \frac{\sqrt{0^2 + 0^2}}{2925} + \frac{|(-270,8)|}{1,472 \cdot 10^5} = 0,001840$$

Если F_z растягивающая продольная сила, а p – внутреннее избыточное давление, то F_z и p следует принять равными нулю.

$$\text{Условие устойчивости штуцера: } \frac{|p|}{[p]} + \frac{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{[M]} + \frac{|F_z|}{[F]} \leq 1,0$$

$0,001840 \leq 1,0$. Условие устойчивости выполнено.

4. Расчет методом конечных элементов

Раздел дипломной работы посвящен анализу напряженно-деформированного состояния конструкции (НДС) РГСН. Входными данными к расчету служили значения, указанные в 3 главе работы. Работа проводилась с использованием программного комплекса метода конечных элементов ANSYS и имеет приближенные решения, зависящие от полноты входных параметров и постановки решения конкретной расчетной модели. Каждый вид прочностного расчета был разбит на три этапа:

- 1 – построение 3D геометрии модели с необходимыми начальными условиями, границами разбиения и сгущения сетки конечных элементов;
- 2 – задание граничных условий и нагружений в зависимости от постановки решения;
- 3 – обработка полученных результатов.

При анализе конструкции к расчету принимался РГСН и его опор.

Для уменьшения требуемых расчетных ресурсов ненагруженные элементы конструкции (элементы шпильки, гайки, и т.д.) в расчетной модели заменены присоединенными массами, эквивалентными массам указанных элементов.

Цель работы – определение наиболее нагруженных участков РГСН. В качестве интегрального критерия прочности конструкции рассмотрены поля интенсивности напряжений. Интенсивность напряжений учитывает величины нормальных напряжений по всем направлениям и определяется по формуле:

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)}{2}}$$

Значения величин нормальных напряжений в критических областях не учитывались как правдивые. Завешенные значения напряжений свидетельствует о пластическом поведении материала при нагружении. Для более корректного решения и анализа нормальных напряжений необходимо проводить расчет с учетом нелинейности материала конструкции.

Расчет снеговой нагрузки

Согласно СП 20.13330.2016 снеговая нагрузка определяется по следующей формуле:

$$S_0 = c_b \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g,$$

где c_b – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий под действием ветра или иных факторов, принимаем равным 1;

c_t – термический коэффициент, принимаем равным 0,8;

μ – коэффициент формы, учитывающий переход от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаем равным 1;

S_g – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли, принимаемое в соответствии с таблицей 2. Так как Томская область относится к IV снеговому району, следовательно, S_g принят равным 2 кПа.

Таблица 2 – Нормативные значения веса снегового покрова [3]

| Снеговые районы | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| S_g , кПа | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 |

Таким образом, значение снеговой нагрузки составит:

$$S_0 = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 2 = 1,6 \text{ кПа}$$

Далее, приложим нагрузку на верхнюю часть резервуара (рисунок 12).

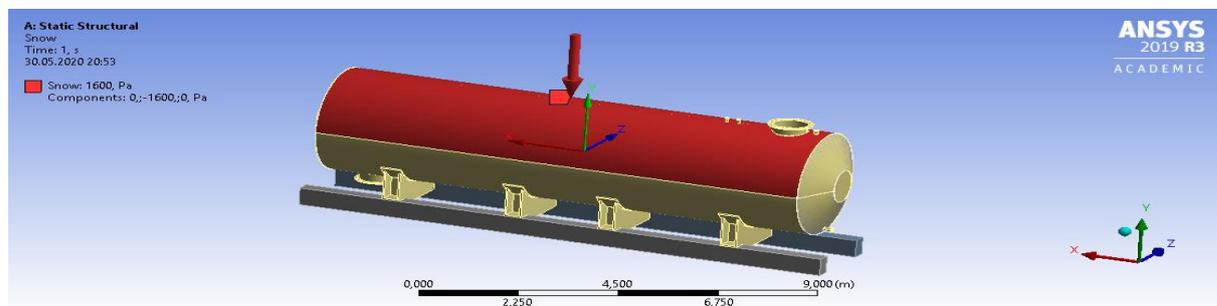


Рисунок 12 – Снеговая нагрузка

Расчет ветровой нагрузки

Расчет ветровой нагрузки проводился согласно СП 20.13330.2016. Нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки в зависимости от эквивалентной высоты над поверхностью земли следует определять по формуле:

$$w_m = w_0 \cdot k(Z_E) \cdot c,$$

где $k(Z_E)$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты z , принятый в рассматриваемом случае равным 0,75;

c – аэродинамический коэффициент, принимаем равным 0,8;

w_0 – нормативное значение ветрового давления, принимаемое в соответствии с таблицей 3. Томская область относится к III ветровому району, поэтому данное значение принято равным 0,38 кПа.

Таблица 3 – Нормативные значения ветрового давления [3]

| Ветровые районы | Ia | I | II | III | IV | V | VI | VII |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| w_0 , кПа | 0,17 | 0,23 | 0,30 | 0,38 | 0,48 | 0,60 | 0,73 | 0,85 |

Таким образом, значение ветровой нагрузки составляет:

$$w_m = 0,38 \cdot 0,75 \cdot 0,9 = 256,5 \text{ Па}$$

Полученную нагрузку приложим на боковую часть резервуара (рисунок 12).

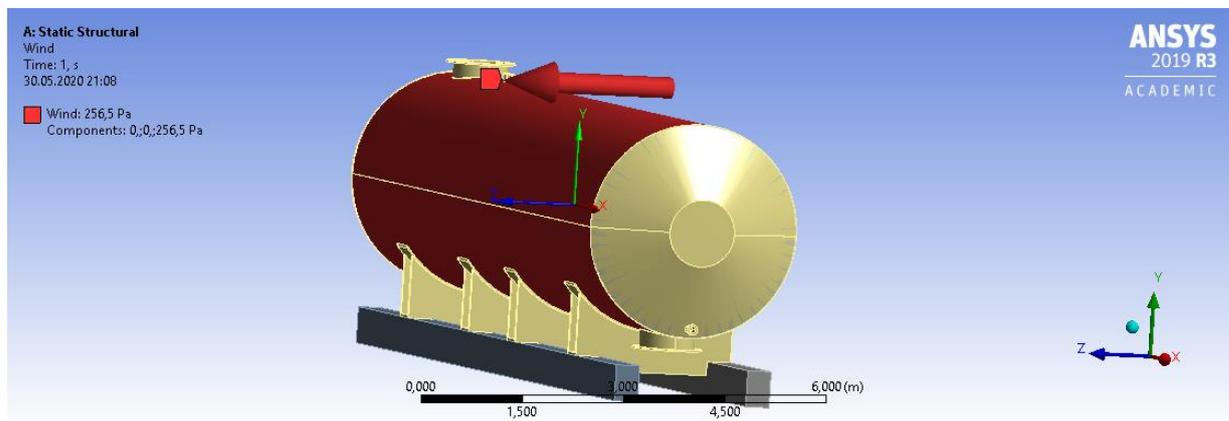


Рисунок13 – Ветровая нагрузка

Расчет снеговых нагрузок

Гидростатическое давление. Рассчитаем гидростатического давление жидкости, в качестве которой выступает нефтепродукт плотностью 800 кг/м^3 . Распределение нагрузок представлено на рисунке 14.

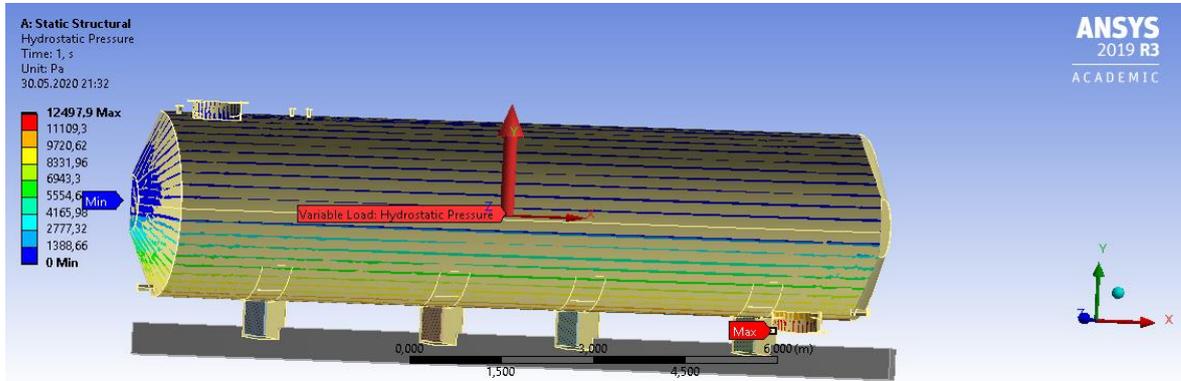


Рисунок 14– Распределение нагрузки от гидростатического давления жидкости *Вес конструкции и вес жидкости.* На опорные стойки конструкции приложим нагрузки (рисунок 15) собственной массы конструкции M (без учета масс четырех опорных стоек) и массы жидкости m .

Сила, с которой масса конструкции и жидкости действует на опоры, равна:

$$P = (M + m) \cdot g = (M + \rho V) \cdot g$$

где V – объем, занимаемый нефтепродуктом, м^3 ;

ρ – плотность нефтепродукта.

$$P = (38426,4 + 100 \cdot 700) \cdot 9,81 = 1063662,98 \text{ Н} = 1,064 \text{ МН}$$

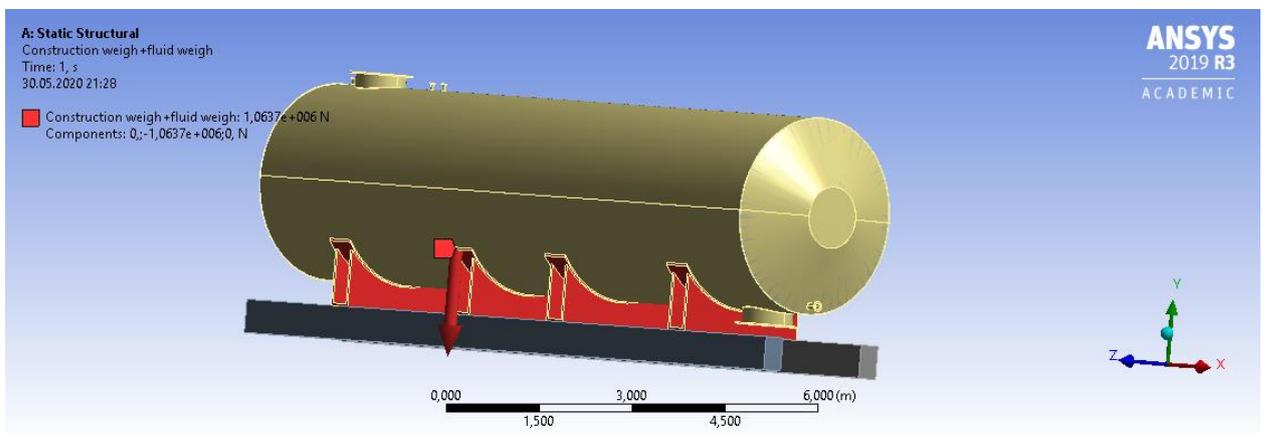


Рисунок 15 – Нагрузки на опорные стойки

Анализ результатов

Анализируя полученные результаты, видно, что под действием нагрузок наибольшие деформации характерны для цилиндрического корпуса резервуара показанного на рисунке 16. Максимальное напряжение характерно для нижней части корпуса РГСН, составляет 94,95 МПа.

Обеспечиваемый коэффициент запаса прочности равен

$$n = \frac{\sigma_r}{\sigma_{\max}} = \frac{205}{94,95} = 2,15 \text{ МПа}$$

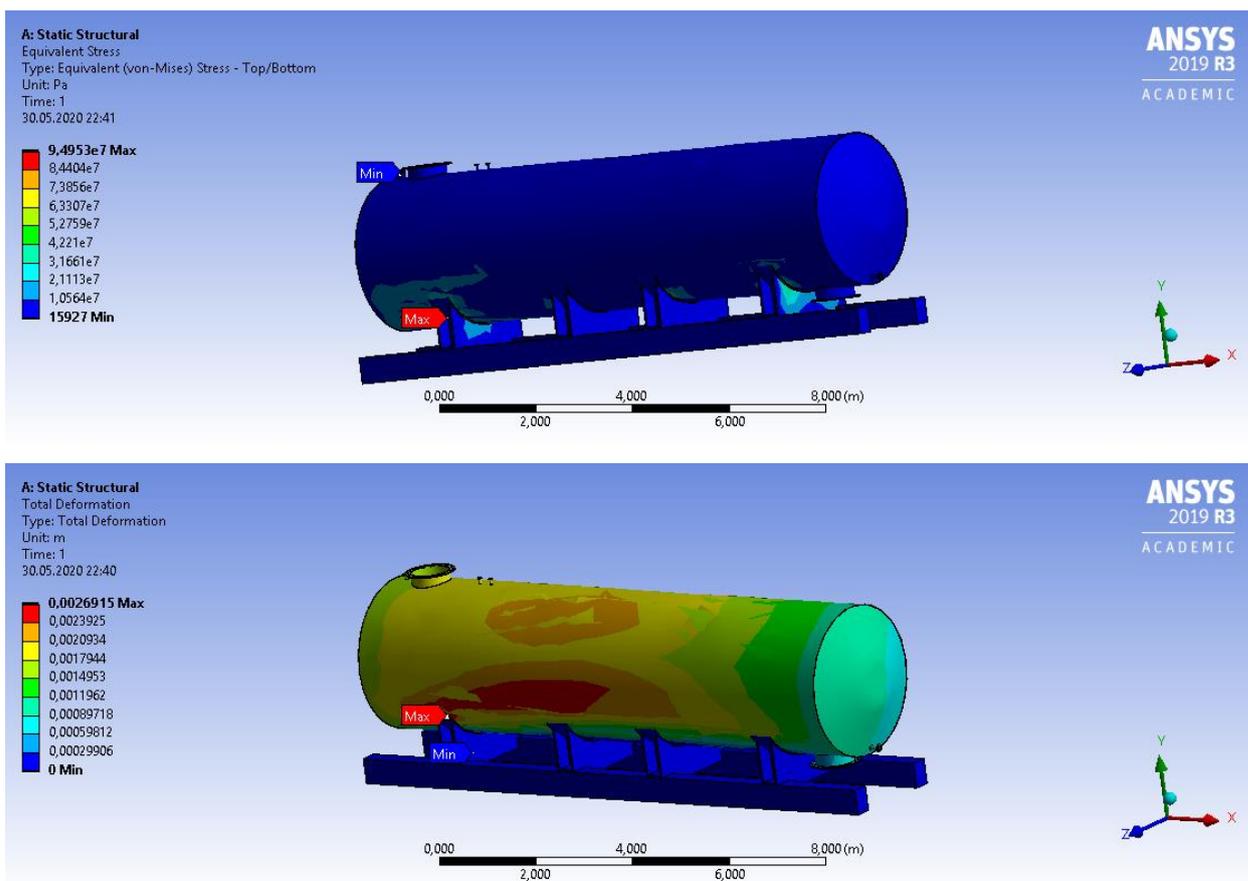


Рисунок 16 – Результаты расчетов напряжений и перемещений для резервуара

Согласно полученным результатам расчетов для четырех опорных стоек максимальные значения напряжения характерны для внешних конструкций (рисунок 17).

Обеспечиваемый коэффициент запаса прочности равен $205/69,02 = 2,970$.

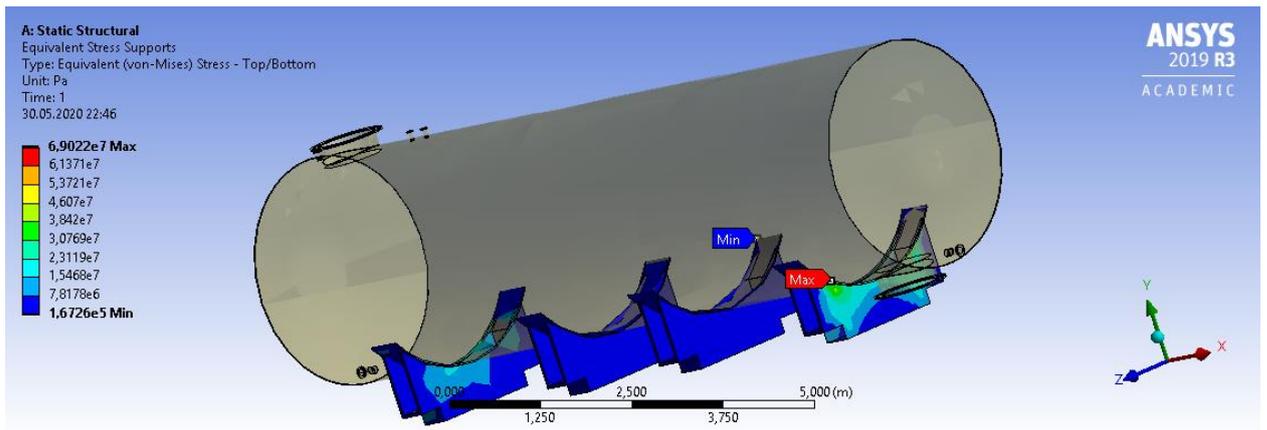
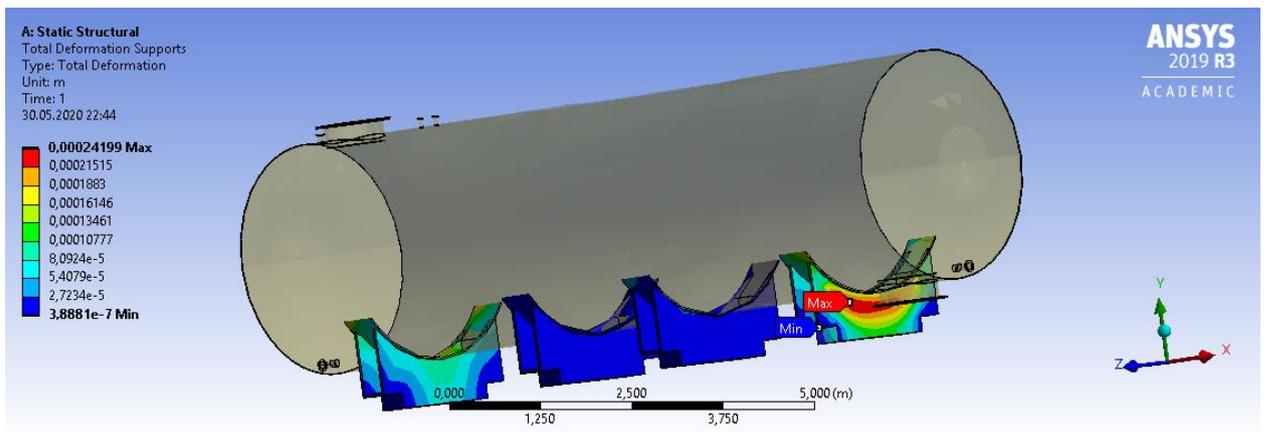
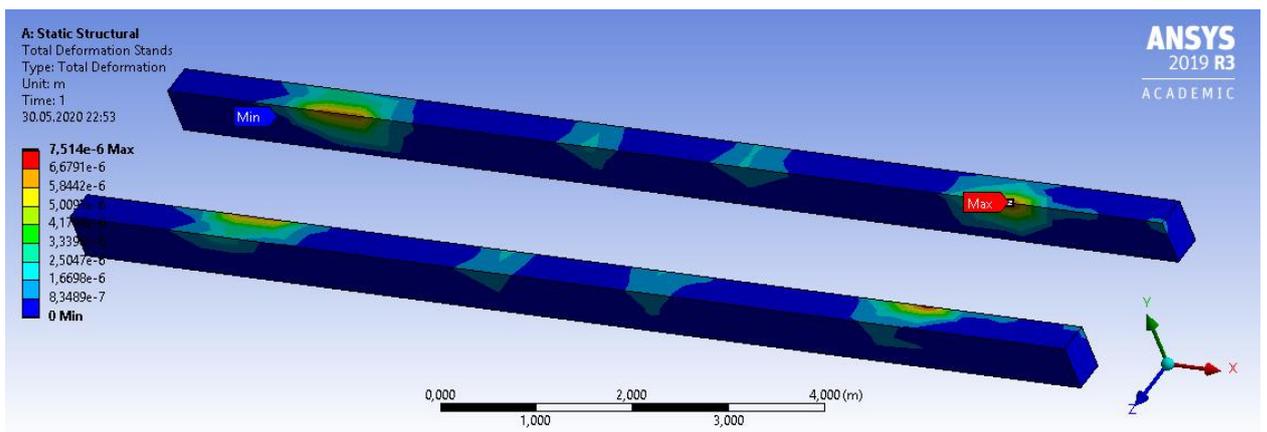


Рисунок 17 – Результаты расчетов перемещений и напряжений для опорных стоек

Максимальные значения перемещения (7,51 мкм) и напряжения (2,857 МПа) наблюдаются в местах соединения наружных опорных стоек с нижними опорами (рисунок 18).



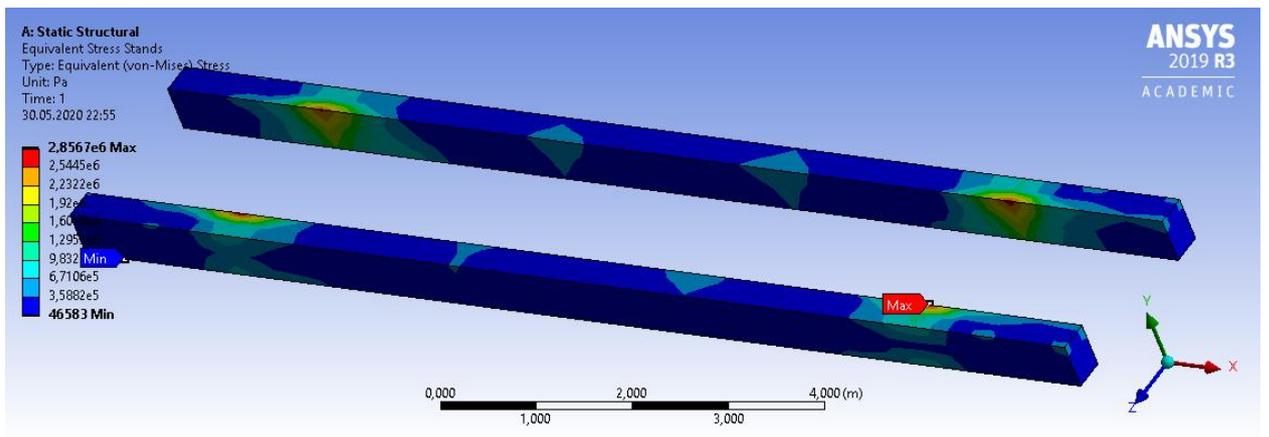


Рисунок 18 – Результаты расчетов перемещений и напряжений для нижних опор

Заключение

В результате дипломной работы было проведено моделирование РГСН наполненного жидкостью с плотностью 800 кг/м^3 , исследование деформаций и напряжений, возникающих в рассматриваемом резервуаре под действием нагрузок.

Конструкция РГСН выдерживает нагрузки с запасом прочности равным 2,15. Значения запаса прочности для опорных стоек резервуара составляет 2,970.

Соединения корпуса резервуара с вертикальными опорными стойками и соединения вертикальных и горизонтальных опор являются местами наиболее подверженными к повреждениям.

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

Студенту:

| | |
|---------------|-------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 3-4Е5А | Джангурчинов Валерий Ахатович |

| | | | |
|----------------------------|-------------|----------------------------------|---|
| Школа | ИШПР | Отделение школы (НОЦ) | Нефтегазовое дело |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 21.03.01 «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» |

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

| | |
|--|--|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | 1. Должностной оклад научного руководителя составляет 33664 руб. 2. Должностной оклад инженера 21760 руб. |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | 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. |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | Общая система налогообложения с учетом льгот для образовательных учреждений, в том числе отчисления во внебюджетные фонды - 27,1% |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | 1.1. Описание потенциальных потребителей; 1.2. Анализ конкурентных технических решений; 1.3. SWOT-анализ |
| 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований | 2.1. Планирование работ; 2.2. Разработка графика Ганта. 2.3. Формирование бюджета затрат на научное исследование. |
| 3. Ресурсоэффективность | 1. Определение интегрального показателя эффективности научного исследования. 2. Расчет показателей ресурсоэффективности. |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График проведения и бюджет НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент ОСГН ШБИП | Трубченко Татьяна Григорьевна | Доцент, к.э.н | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 3-4Е5А | Джангурчинов Валерий Ахатович | | |

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

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 резервуаров находятся в эксплуатации более 50 лет, свыше 1000 РГС - 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.

Продукт: Резервуар горизонтальный стальной наземный, 50 м³

Таблица 4 – Целевой рынок: нефтяные и газовые компании

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

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

В различных исследованиях стальных резервуар необходимы в основном крупным компаниям, так как данный резервуар прост в сборке и обслуживании. Крупным компаниям важна простота и долговечность. Для каждого резервуарного парка используют оборудование с разными техническими характеристиками.

3D модель имеет не мало важную роль для конструирования РВС, так как при создании трехмерной модели, в специальных программах, типа Ansys, можно смоделировать отклонение от вертикали и посмотреть, как он будет вести себя в рабочем режиме, где будут максимальные нагрузки. На основе расчетов и трехмерной модели ведется конструирование, учитываются все просчеты.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений 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 5 – 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 горизонтальный стальной наземный;

Б_{к1} – Резервуар горизонтальный стальной подземный;

Б_б – Резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей.

Из таблицы 2 видно, что наиболее эффективно использовать резервуар горизонтальный стальной наземный, 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.

$$K1 = \frac{43}{33} = 1,3,$$

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

Результаты первого этапа SWOT-анализа:

1. Сильные стороны проекта:

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

2. Слабые стороны проекта:

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

3. Возможности:

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

4. Угрозы проекта:

- Отсутствие спроса на новые производства;
- Снижение бюджета на разработку;

После формулирования четырех этапов области SWOT перейдем к следующему этапу. Второй этап состоит из выявления соразмерности сильных и слабых сторон исследуемого проекта внешним условиям окружающей среды. Это несоответствие или соответствие помогут выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная проектная матрица представлена в таблице 3, таблице 4, таблице 5, таблице 6.

Таблица 6 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

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

При данном анализе интерактивной таблицы следующие выделим сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C1C2, B2C3.

Таблица 7 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

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

При анализе интерактивной таблицы 4 можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: B1Сл1.

Таблица 8 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

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

При анализе данной таблицы выделяем следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1У3С1С2.

Таблица 9 – 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 ходе третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 7).

Таблица 10 – Матрица SWOT проекта

| | | |
|--|--|---|
| | <p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>C1. Высокая экономичность технологии.</p> <p>C2. Экономичность технологии.</p> <p>C3. Повышение безопасности производства.</p> <p>C4. Уменьшение затрат на ремонт оборудования</p> | <p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Трудность внедрения функции.</p> <p>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 имеющих специалистов</p> |
| <p>Угрозы:</p> <p>У1: Отсутствие спроса на новые технологии 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> |

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Проектирование комплекса планируемых работ проводится в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для проведения научного исследования формируется рабочая группа, в состав которой могут входить преподаватели и научные сотрудники, инженеры, лаборанты и техники, число специалистов групп может варьироваться. По каждой форме запланированной работы устанавливается соответствующая должность исполнителей. В данном разделе составляется

перечень работы и этапов в рамках проведения научного исследования, проводится распределение исполнителей по видам работ.

Примерный порядок формирования работ и этапов, порядок исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 8.

Таблица 11 – 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 |

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудозатраты в большинстве случаев формируют основную часть цены разработки, поэтому ключевым пунктом является определение энергоемкости работ каждого из членов научного исследования.

Трудоемкость проведения научной разработки оценивается экспертами с помощью человеко-дней и подразумевает вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения среднего значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{2t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (36)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудозатраты, работа определяется продолжительность каждого действия в рабочих днях T_p , учитывая параллельность производства работ наибольшем количеством исполнителей. Такой расчет необходим для действительного расчета заработной платы, так как зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (37)$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемые трудозатраты выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Максимально удобным и наглядным является построение ленточного графика научной работы в виде диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта - это горизонтальная гистограмма, в которой работа над темой представлена отрезками времени, которые характеризуются датами начала и окончания этих работ. Для удобства построения графика продолжительность каждого из этапов работы от рабочих дней следует перенести в календарные дни. Для этого используйте следующую формулу:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot K_{\text{кал}}, \quad (38)$$

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

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

$K_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (39)$$

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

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

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,48,$$

Коэффициент календарности на 2020 год (5 – дневная рабочая неделя):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,48,$$

Коэффициент календарности на 2020 год (6 – дневная рабочая неделя):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 66} = 1,22,$$

Длительность работы в календарных днях руководителя:

$$T_{k1} = T_{p1} \cdot k_{\text{кал}} = 1,8 \cdot 1,22 = 2,2 \approx 3 \text{ дн.}, \quad (40)$$

Длительность работы в календарных днях инженера:

$$T_{k2} = T_{p2} \cdot k_{\text{кал}} = 7 \cdot 1,48 = 10,3 \approx 11 \text{ дн.},$$

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

Все вычисленные значения сведены в таблице 9.

Таблица 12 – 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} , Чел-дни | t_{max} , Чел-дни | $t_{ож}$, Чел-дни | | | |
| Календарное планирование работ по теме | 3 | 6 | 4,2 | Руководитель, Исполнитель | 2 | 3 |
| Составление и утверждение тех. задания | 1 | 3 | 1,8 | Руководитель | 2 | 3 |
| Подбор и изучение материалов по теме | 10 | 15 | 12 | Исполнитель | 12 | 16 |
| Согласование материалов по теме | 5 | 8 | 6,2 | Руководитель | 6 | 8 |
| Проведение теоретических расчетов и обоснование | 6 | 18 | 10 | Исполнитель | 10 | 13 |
| Проектирование 3D модели резервуара | 3 | 12 | 6,6 | Исполнитель | 7 | 9 |
| Оценка результатов исследования | 3 | 5 | 3,8 | Руководитель, Исполнитель | 2 | 3 |
| Составление пояснительной записки | 7 | 16 | 11,4 | Руководитель, Исполнитель | 6 | 8 |

Из данных таблицы 9 строим план график, изображенный в таблице 10.

Таблица 11 - Календарный план график проведения НИР по теме

| № | Вид работ | Исполнители | T_{ki} , кал. дни | Продолжительность выполнения работ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-------------|---------------------|------------------------------------|---|------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | Фев. | | Март | | | Апрель | | | Май | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 1 | Составление и утверждение 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

5.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ обеспечиваем полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета используем следующие группировки по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- амортизационные отчисления;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- накладные расходы

5.3.1 Материальные затраты

Материальные затраты включают стоимость изготовления прототипа. Все необходимые затраты и специальное оборудование на его приобретение представлены в таблице 11.

Таблица 13 – Смета затрат на реализацию прототипа

| Оборудование | Количество, шт. | Цена за шт., руб. | Стоимость комплекта, руб. |
|--|-----------------|-------------------|---------------------------|
| Резервуар горизонтальный стальной (при исполнении 1) | 1 | 850000,00 | 850000,00 |
| Резервуар горизонтальный стальной наземный(при исполнении 2) | 1 | 1250000,00 | 1250000,00 |
| Резервуар горизонтальный стальной наземный (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 НТИ используется персональный компьютер с лицензионным программным обеспечением, а также включают в себя расходы на канцелярские принадлежности.

Таблица 14 – Материальные затраты

| Наименование | Цена за ед., руб. | Кол-во, шт. | Сумма, руб. |
|---|-------------------|-------------|--------------|
| Офисная бумага, упак. 500 листов | 310 | 1 | 310 |
| Тетрадь общая, 48 л. | 50 | 1 | 50 |
| Шариковая ручка | 30 | 3 | 90 |
| Персональный компьютер с программным обеспечением | 33000 | 1 | 33000 |
| Итого | | | 33450 |
| Итого с учётом ТЗР (10%) | | | 3345 |

5.3.2 Амортизационные отчисления

Для проведения научно технического исследования нам необходим компьютер с установленными на нем специальными программами и необходимым программным обеспечением.

Затраты на покупку компьютера:

$$З = d_k + d_{no} = 30000 + 3000 = 33000 ,$$

где d_k – цена компьютера;

d_{no} – цена программного обеспечения.

Установка специальных программ для исследования и моделирования объекта осуществляется бесплатно.

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Эта статья включает в себя базовый оклад ученых и инженеров, а также работников опытных предприятий, непосредственно вовлеченных в выполнение работ по данной теме. Размер затрат на оплату труда определяется исходя из сложности выполненных работ и действующей системы тарифных ставок и заработной платы. Базовый оклад включает в себя бонус, выплачиваемый ежемесячно из фонда оплаты труда в размере 20-30% от тарифа или оклада.

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

| № | Наименование этапов | Исполнители по категориям | Трудоемкость, чел.-дн. | | | Заработная плата, приходящая на один чел.-дн., тыс. руб. | Всего заработная плата по тарифу, тыс. руб. | | |
|---|--|---------------------------|------------------------|--------|--------|--|---|--------|--------|
| | | | Исп. 1 | Исп. 2 | Исп. 3 | | Исп. 1 | Исп. 2 | Исп. 3 |
| 1 | Календарное планирование работ по теме | Руководитель, Исполнитель | 2 | 3 | 2 | 1,16 | 2,32 | 3,48 | 2,32 |
| 2 | Выбор темы исследований | Руководитель | 7 | 9 | 8 | 0,93 | 6,51 | 8,37 | 7,44 |

| | | | | | | | | | |
|--------|---|------------------------------|----|----|----|------|-------|-------|-------|
| 3 | Составление и утверждение тех. задания | Руководитель | 2 | 2 | 2 | 0,93 | 1,86 | 1,86 | 1,86 |
| 4 | Подбор и изучение материалов по теме | Исполнитель | 12 | 12 | 12 | 0,23 | 2,76 | 2,76 | 2,76 |
| 5 | Проведение теоретических расчетов и обоснование | Исполнитель | 8 | 9 | 9 | 0,23 | 1,84 | 2,07 | 2,07 |
| 6 | Проектирование 3D модели резервуара | Исполнитель | 6 | 9 | 8 | 0,23 | 1,38 | 2,07 | 1,84 |
| 7 | Оценка результатов исследования | Руководитель, Исполнитель | 4 | 5 | 6 | 1,16 | 4,64 | 5,8 | 6,96 |
| 8 | Составление пояснительной записки | Руководитель, Исполнитель | 5 | 5 | 5 | 1,16 | 5,8 | 5,8 | 5,8 |
| Итого: | | | | | | | 27,11 | 32,21 | 31,05 |

Эта статья включает в себя базовый оклад сотрудников, непосредственно вовлеченных в выполнение научно-технических исследований (включая премии, надбавки) и дополнительный оклад

$$Z_n = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = T_p + Z_{\text{дн}},$$

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

T_p – время работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.

дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{51362 \cdot 10,1}{185} = 2804 \text{ руб.},$$

где $Z_{\text{м}}$ – 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;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 16 – 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:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 23241 \cdot (1 + 0,3 + 0,4) \cdot 1,3 = 51,362$$

где $Z_{\text{мс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

$k_{\text{д}}$ – 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 $Z_{\text{мс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Ставка заработной платы $Z_{\text{тс}}$ рассчитывается по произведению тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{\text{с}i} = 600$ руб. по тарифному коэффициенту $k_{\text{т}}$ и учитывается в соответствии с единым тарифным планом для бюджетной организации. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тариф

заработной платы (оклада) рассчитывается в соответствии с тарифным планом, принятым на этом предприятии.

За основу оклада берется ставка работника ТПУ, согласно занимаемой должности. Из таблицы окладов для доцента (степень – кандидат наук) – 23241 руб., для ассистента (степень отсутствует) – 14603 руб.

Таблица 17 – 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 | 23241 | 0,3 | 0,4 | 1,3 | 51352 | 2804 | 20 | 53,48 |
| Исполнитель | 14603 | 0 | 0 | 1,3 | 18983 | 1036 | 37 | 41,66 |
| Итого: | | | | | | | | 95,14 |

Таблица 18 – 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 | 23241 | 0,3 | 0,4 | 1,3 | 51352 | 2804 | 24 | 64,18 |
| Исполнитель | 14603 | 0 | 0 | 1,3 | 18983 | 1036 | 43 | 48,41 |
| Итого: | | | | | | | | 112,59 |

Таблица 19 – 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 | 23241 | 0,3 | 0,4 | 1,3 | 51352 | 2804 | 28 | 74,87 |
| Исполнитель | 14603 | 0 | 0 | 1,3 | 18983 | 1036 | 49 | 55,17 |
| Итого: | | | | | | | | 130,04 |

5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расходы на дополнительную заработную плату исполнителей темы учитывают размер доплат, предусмотренных Трудовым кодексом Российской Федерации за отклонения от нормальных условий труда, а также выплаты, связанные с предоставлением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, в предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т. д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 53480 = 6952 \text{ руб}, \quad (41)$$

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

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

Для исполнения 2 расчет дополнительной заработной платы составит:

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

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

Для исполнения 3 расчет дополнительной заработной платы составит:

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражены 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:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,302 \cdot (53480 + 6954) = 1825 \text{ руб},$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды

Таблица 20 – 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 | | | |
| 32,467 | 38,422 | | 44,377 | | | |

5.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают другие расходы организации, которые не включены в предыдущие статьи расходов: печатные и ксерокопирование материалов, письменные материалы, оплата услуг связи, расходы на электроэнергию, почтовые и телеграфные услуги, размножение материалы и т.д.

5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчетная стоимость исследовательских работ (тем) является основой для формирования бюджета стоимости проекта, который при заключении договора с заказчиком защищается научной организацией как нижний предел затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат НИИ для создания прототипа

| Наименование статьи | Сумма, руб. (исполнение 1) | Сумма, руб. (исполнение 2) | Сумма, руб. (исполнение 3) | Примечание |
|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------|
| 1. Материальные затраты для | 2872108 | 3272108 | 3222108 | |

| | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------------|
| создания прототипа | | | | |
| 2. Затраты по основной заработной плате исполнителей | 95140 | 112590 | 130040 | |
| 3. Затраты по дополнительной заработной плате | 12368 | 14636 | 16905 | |
| 4. Отчисления во внебюджетные фонды | 32467 | 38422 | 44377 | |
| 5. Затраты на покупку компьютера и прочие расходы | 33450 | 33450 | 33450 | |
| 7. Бюджет затрат НТИ | 3060900 | 3485962 | 3461250 | Сумма ст. 1-6 |

5.4 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение эффективности основано на расчете интегрального показателя эффективности научных исследований. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных значений: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научных исследований получается в ходе оценки бюджета расходов по трем (или более) вариантам выполнения научных исследований.

Для этого за основу расчета (в качестве знаменателя) берется наибольший интегральный показатель выполнения технического задания, с которым связаны финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (42)$$

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

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

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

Для 1-ого варианта исполнения имеем:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{3060750}{3485812} = 0,878$$

Для 2-ого варианта имеем:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{3485812}{3485812} = 1$$

Для 3-ого варианта имеем

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{3460875}{3485812} = 0,993$$

Полученное значение интегрированного показателя финансового развития отражает соответствующее численное увеличение бюджета развития в разы (значение больше единицы) или соответствующее численное уменьшение стоимости разработки в разы (значение меньше единицы, но больше чем ноль).

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

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

Таблица 22 – Сравнительная оценка характеристик проекта

| Критерии | Весовой коэф. | Резервуар горизонтальный наземный (исп. 1) | Резервуар горизонтальный подземный (исп. 2) | Резервуар вертикальный стальной плавающей крыши (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:

$$I_p - \text{исп1} = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,6, \quad (43)$$

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

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

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

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

;

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

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

$$\mathcal{E}_{\text{ср}i} = \frac{I_{\text{исп}i}}{I_{\text{исп min}}}, \quad (44)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = 1,72; \mathcal{E}_{\text{ср2}} = 1; \mathcal{E}_{\text{ср3}} = 1,29.$$

Таблица 23 – 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 |

Вывод

1. При оценке коммерческого потенциала и научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения были установлены потенциальные потребители, которыми являются: в основном крупным компаниям, так как данный резервуар прост в сборке и обслуживании.

2. При анализе конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения была создана оценочная карта. По оценочной карте понятно, что наиболее эффективно использовать резервуар горизонтальный стальной наземный, так же он является наиболее конкурентоспособным к другому виду резервуаров.

3. Был проведён SWOT-анализ, который показывает слабые и сильные стороны проекта, а также угрозы для реализации проекта и по отношению к конкурирующим резервуарам.

4. При планирование научно-исследовательских работ было выполнено распределение обязанностей для исследовательской работы, и было рассчитано время, необходимое для выполнения работы. Общая протяженность работ составила 63 дня.

5. Также в ходе работы рассчитан бюджет НТИ для создания прототипа, основная часть которого приходится на материальные затраты, связанные с приобретением спецтехники, которые составляют 3060750 руб, для первого исполнения из них 3,3 % выделяются на заработную плату, 3485812 руб, для второго исполнения из них 3,5 % выделяются на заработную плату и 3460875 руб. для третьего исполнения из которых 4% выделяются на заработную плату.

Отчислений во внебюджетные фонды 30,2 % и составляет 32467 руб для первого исполнения; 38422 руб для второго исполнения и 44,377 руб для третьего исполнения. На материальные затраты приходит больший процент, равный порядка 90% для всех трех исполнений прототипа.

Сам же бюджет НТИ составляет 33450 руб, самой дорогостоящей частью является компьютер.

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

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|--------|-------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 3-4Е5А | Джангурчинов Валерий Ахатович |

| | | | |
|---------------------|-------------|---------------------------|---|
| Школа | ИШПР | Отделение (НОЦ) | Нефтегазовое дело |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 21.03.01 «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» |

Тема ВКР:

| | |
|---|---|
| Технологии оценки напряженно-деформированного состояния резервуара горизонтального стального наземного | |
| Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: | |
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | <p><i>Объектом исследования является Резервуар горизонтальный стальной наземный 50 м3.</i></p> <p><i>Рабочей зоной является резервуарный парк.</i></p> <p><i>Расчет резервуара горизонтального стального наземного 50 м3.</i></p> <p><i>Область применения нефтегазовая отрасль.</i></p> |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | <ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс РФ: <ul style="list-style-type: none"> – ст. 92 ТК РФ, – ст. 117 ТК РФ, – ст. 147 ТК РФ. – Правила безопасности в газовом хозяйстве; – ПБ 12-529-83 |
| 2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия | 2.1. К вредным факторам относятся: <ul style="list-style-type: none"> – повышенный уровень шума на рабочем месте; – повышенный уровень вибрации; – превышение уровней ионизирующих излучений; 2.2. К опасным факторам относятся: <ul style="list-style-type: none"> – повышенная температура маслосистемы; – наличие вращающихся механизмов; |
| 3. Экологическая безопасность: | <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны (населения): <ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений – защита санитарной зоны: |

| | |
|--|---|
| | <p>– ГН 2.2.5.2308 – 07. Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны</p> <p>СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.</p> |
| 4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | <ul style="list-style-type: none"> – Сезонные наводнения, – Сильные морозы, – Разлив, – Взрывы паровоздушных смесей – наиболее частые ЧС, лесные и торфяные пожары . |

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 3-4Е5А | Джангурчинов Валерий Ахатович | | |

6. Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа посвящена исследованию резервуара горизонтального стального наземного 50 м³. В данном разделе рассматривается влияние используемого оборудования, сырья, энергии, продукции и условий работы на человека и окружающую среду; Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности; техника безопасности при работе с оборудованием и действия при чрезвычайных ситуациях; проведен анализ выявления вредных факторов; работы производить в строгом соблюдении последовательности и технологии производства отдельных видов работ.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В нефтегазовой отрасли получили распространение следующие режимы рабочего времени: сменные работы и работы вахтовым методом.

Сменная работа производится, как правило, в 2 - 4 смены, так как производственный процесс превышает установленную продолжительность ежедневной работы (смены) (ст. 94 ТК РФ).

Продолжительность рабочего времени работников отрасли за учетный период определяется работодателем с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации в пределах норм, установленных Трудовым кодексом РФ, и отражается в графиках работы за год.

Согласно ст. 91 ТК РФ, нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Это принципиальное положение кодекса не может быть применено ко всем работникам нефтегазовой отрасли. Это объективно обусловлено отраслевой спецификой труда и производства (технологического процесса). Большинство работ отрасли являются вредными и/или опасными, и, как следствие, для работников устанавливается сокращенная продолжительность рабочего времени. Его сокращение составляет 4 часа и более. Положение о сокращении рабочего времени

работникам нефтегазовой отрасли закреплено отраслевым Списком, утвержденным Мин Газпромом России.

В отличие от межотраслевого, отраслевой список предусматривает не только вредные, но и опасные, а также тяжелые работы. В соответствии с этим нормативным правовым актом работодатели отрасли составляют перечни работников, которым устанавливается сокращенное рабочее время.

На непрерывных работах запрещается оставлять работу до прихода сменщика.

Трудовая деятельность работников на открытом воздухе прекращается при температуре -40 град. Цельсия и ниже, при силе ветра до 6 м/с; при температуре -35 град. Цельсия и ниже, при силе ветра 6 - 12 м/с; при температуре -30 град. Цельсия и ниже, при силе ветра более 12 м/с. Прекращение работы на открытом воздухе оформляется приказом (распоряжением) работодателя.

Для сотрудников, осуществляющих деятельность вахтовым методом, продолжительность вахты не должна превышать одного месяца. В исключительных случаях на отдельных объектах продолжительность вахты может быть увеличена работодателем до трех месяцев с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации в порядке, установленном статьей 372 настоящего Кодекса для принятия локальных нормативных актов.

Лицам, выполняющим работы вахтовым методом, за каждый календарный день пребывания в местах производства работ в период вахты, а также за фактические дни нахождения в пути от места нахождения работодателя (пункта сбора) до места выполнения работы и обратно выплачивается взамен суточных надбавка за вахтовый метод работы.

6.2. Анализ выявленных вредных факторов производственной среды

Таблица 24 – Возможные опасные и вредные факторы

| Факторы (Гост 12.0.003-2015) | Этапы работ | | | Нормативные документы |
|--|-------------|--------------|--------------|---|
| | Разработка | Изготовление | Эксплуатация | |
| 1. Отклонение показателей микроклимата | + | + | + | Отклонение показателей микроклимата ГОСТ 30494-2011[1] |
| 2. Превышение уровня шума | + | + | | СП 51.13330.2011 Защита от шума [7] |
| 3.Отсутствие или недостаток естественного света | + | | | Естественное и искусственное освещения СНиП 23-05-95*[8] |
| 4.Недостаточная освещенность рабочей зоны | + | | | Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 [9] |
| 5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | | + | + | ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ [10] |

Рассмотрим вредные производственные факторы, которые действуют или могут воздействовать на организм человека при обслуживании резервуарного парка.

А также рассмотрим нормативные значения этих факторов и мероприятия, направленные на снижение или устранение этих факторов

Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны:

В настоящее время для оценки допустимости проведения работ и их нормирования на открытом воздухе в условиях крайнего севера (а также районах, приравненных к районам крайнего Севера) используется понятие предельной жесткости погоды, устанавливаемая для каждого района решением местных региональных органов управления.

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 спец обувью с повышенным суммарным тепловым сопротивлением, а также защитными масками для лица. При работах, связанных с ограниченностью движения, следует применять спецодежду и спец обувь со специальными видами обогрева.

Интенсивность теплового облучения от работающих агрегатов и от нагретых поверхностей не должна превышать 35 Вт/м² при облучении 50% поверхности тела, 70 Вт/м² при облучении 25-50% поверхности тела и 100 Вт/м² при облучении менее 25%. Максимальная температура при этом 28°С (301 К).

Для поддержания микроклимата предусматриваются приточная и вытяжная вентиляции, нагреватели и кондиционеры.

Превышение уровней шума [17]

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.), заглушающая способность которых составляет 6-8 дБА. В случаях более высокого превышения уровней шума следует использовать наушники, надеваемые на ушную раковину. Наушники могут быть независимыми либо встроенными в головной убор или в другое защитное устройство.

Превышение уровней вибрации [18]

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

Вибробезопасные условия труда должны быть обеспечены:

–применением вибробезопасного оборудования и инструмента; применением средств виброзащиты, снижающих воздействие на работающих вибрации на путях ее распространения от источника возбуждения;

–организационно-техническими мероприятиями (введение режимов труда, регулирующих продолжительность воздействия вибрации на работающих; вывод работников из мест с превышением ДУ по вибрации).

Недостаточная освещенность рабочей зоны [19]

Для резервуарных парков и участков работ необходимо предусматривать общее равномерное освещение. При этом освещенность должна быть не менее 2 лк независимо от применяемых источников света, за исключением автодорог. 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[20]

Контроль воздушной среды должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях посредством газоанализатора или рудничной лампы. 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 природного газа ПДК 300 мг/м³.

При работе с вредными веществами 1-, 2-, 3-го классов опасности (ртуть, сероводород, метанол, и т.д.) должно быть обеспечено регулярное обезвреживание и дезодорирование СИЗ.

Работающие в условиях пылеобразования должны быть в противопыльных респираторах («Лепесток», Ф-62Ш, У-2К, «Астра-2», РП-КМ и др.), защитных очках и комбинезонах. При загазованности траншеи или котлована в результате утечки газа необходимо прекратить работу и вывести людей, запретив курить, зажигать спички или пользоваться открытым огнем.

Повышенный уровень электромагнитных излучений.

Электромагнитные поля оказывают специфическое воздействие на ткани человека, при воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны сердечно-сосудистой и нервной систем, органов дыхания, органов пищеварения и некоторых биохимических показателей крови.

Таблица 25 – Предельно допустимая энергетическая экспозиция

| Диапазон частот | По электрической составляющей | По магнитной составляющей | По плотности потока энергии |
|-------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 30 кГц - 3 МГц | 20000,0 | 200,0 | - |
| 3 - 30 МГц | 7000,0 | - | - |
| 30 - 50 МГц | 800,0 | 0,72 | - |
| 50 - 300 МГц | 800,0 | - | - |
| 300 МГц - 300 ГГц | - | - | 200,0 |

Источниками электромагнитных излучений являются компьютеры, трансформаторы, сетевое оборудование, источники индукционного тока. Энергетическая экспозиция за рабочий день (рабочую смену) не должна превышать значений, указанных в таблице 2.

6.3. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Опасными производственными факторами называются факторы, способные при определенных условиях вызывать острое нарушение здоровья и гибели человека.

Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением [22]

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

Причинами разрушения или разгерметизации систем повышенного давления могут быть: внешние механические воздействия, старение систем; 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 оборудования, работающего под давлением, распространяются:

–работающие под давлением пара или газа свыше 0,07 МПа;

–на цистерны и бочки для транспортирования и хранения сжиженных газов, давление паров которых при температуре до 50 °С превышает давление 0,07 МПа;

–на цистерны и сосуды для транспортирования или хранения сжатых, сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел, в которых давление выше 0,07 МПа создается периодически.

Основным требованием к конструкции оборудования работающего под высоким давлением является надежность обеспечения безопасности, 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. Сварные швы делаются только стыковыми.

Ответственность за исправное состояние и безопасную эксплуатацию сосудов должна быть возложена на специалиста, которому подчинен персонал, обслуживающий сосуды.

Пожаровзрывобезопасность на рабочем месте [23]

При обеспечении пожарной безопасности ремонтных работ следует руководствоваться 09-364-00 «Типовая инструкция по организации безопасного проведения огневых работ на взрывоопасных взрывопожароопасных объектах»; и другими утвержденными в установленном порядке региональными СНиП, НД, регламентирующими требования пожарной безопасности.

Все работники должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа.

Вся передвижная техника в охранной зоне МГ должна быть обеспечена искрогасителями заводского изготовления.

Самоходная техника, сварочные агрегаты, компрессоры, задействованные в производстве подготовительных и огневых работ, должны быть обеспечены не менее чем двумя огнетушителями ОУ-10, ОП-10 (каждая единица техники).

В помещениях на видных местах должны быть вывешены таблички с указанием порядка вызова пожарной охраны.

Приказом должен быть установлен соответствующий противопожарный режим, в том числе:

- определены места и допустимое количество одновременно находящихся в помещениях материалов;

- установлен порядок уборки горючих отходов, хранения промасленной спецодежды;

- определен порядок обесточивания электрооборудования в случае пожара и окончании рабочего дня;

- регламентированы: порядок проведения временных огневых и других пожароопасных работ, порядок осмотра и закрытия помещений после окончания работы, действия работников при обнаружении пожара;

- определен порядок и сроки прохождения противопожарного инструктажа и занятий по пожарно-техническому минимуму, а также назначены ответственные за их проведение.

Применение в процессах производства материалов и веществ с неустановленными показателями их пожаро-взрывоопасности или не имеющих сертификатов, а также их хранение совместно с другими материалами и веществами не допускается.

Объект необходимо обеспечить прямой связью с ближайшим подразделением пожарной охраны или оператором КС.

При работе категорически запрещается курить на рабочем месте. На рабочих местах должны быть вывешены предупредительные надписи: “Не курить”, “Огнеопасно”, “Взрывоопасно”.

В случае возникновения пожара использовать пенные, порошковые, углекислотные огнетушители или приспособления для распыления воды.

6.4 Экологическая безопасность

При технической эксплуатации резервуара типа РГСН 50 м³ необходимо соблюдать требования по защите окружающей среды, условия землепользования, установленные законодательством по охране природы.

Перед началом производства работ следует выполнить следующие работы:

- оформить в природоохранных органах все разрешения, согласования и лицензии, необходимые для производства работ по данному объекту;
- заключить договора со специализированными организациями на сдачу отходов, грунта, сточных вод, образующихся в процессе производства работ;
- оборудовать места временного размещения отходов в соответствии с нормативными требованиями.

При организации ремонта необходимо осуществлять мероприятия и работы по охране окружающей среды, которые должны включать предотвращение потерь природных ресурсов, предотвращение попадания загрязняющих веществ в почву, водоемы и атмосферу.

Виды воздействий на природную среду в период эксплуатации резервуара [25]:

- Загрязнение выбросами выхлопных газов от строительной техники при производстве работ;
- Выбросы при опорожнении и заполнении резервуаров;
- Образование и размещение отходов, образующихся при технологической эксплуатации.

Перед началом работ необходимо обеспечить наличие отвода земельного участка. С целью уменьшения воздействия на окружающую среду все работы должны выполняться в пределах полосы отвода земли.

Для снижения воздействия на поверхность земель предусмотрены следующие мероприятия:

- минимально необходимые размеры котлована;

–своевременная уборка мусора и отходов для исключения загрязнения территории отходами производства;

Загрязнение атмосферного воздуха в период эксплуатации за счет неорганизованных выбросов и является кратковременным. К загрязняющим веществам относятся продукты неполного сгорания топлива в двигателях строительных машин и механизмов, вещества, выделяющиеся при сварке труб, выполнении изоляционных работ.

Мероприятия, направленные на защиту атмосферного воздуха в зоне производства работ [27]:

–осуществлять периодический контроль за содержанием загрязняющих веществ в выхлопных газах;

–для уменьшения выбросов от автотранспорта необходимо в период ремонтных работ обеспечить контроль топливной системы механизмов и системы регулировки подачи топлива, обеспечивающих полное его сгорание;

Загрязнение атмосферы в период производства работ носит временный обратимый характер.

Производственные и бытовые стоки, образующиеся на строительной площадке, должны очищаться и обезвреживаться в порядке, предусмотренном проектом организации строительства и проектами производства работ.

Сельскохозяйственные и лесные угодья должны быть возвращены в состояние, пригодное для использования по назначению и сданы землепользователю.

6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Для данного района характерны чрезвычайные ситуации природного характера: Сезонные наводнения, лесные и торфяные пожары, сильные морозы (ниже -40°C), метели, взрывы паровоздушных смесей, отключение электроснабжения и другие. Район не сейсмичен.

Из внутренних ЧС чаще всего происходят пожары по разным причинам, сезонные поводки, повышение температуры в теплое время года, а также крайне опасные газовые пожары, взрывы паровоздушных смесей.

Тушение пожаров в резервуарах и резервуарных парках представляет собой боевые действия, направленные на ликвидацию пожара. Организация тушения пожаров в резервуарах и резервуарных парках должна осуществляться с учетом требований Боевого устава пожарной охраны (БУПО), а также настоящего Руководства.

–Управление боевыми действиями при тушении пожара предусматривает: Оценку обстановки и создание соответствующей требованиям БУПО нештатной структуры управления боевыми действиями на месте пожара.

–Осуществление в установленном порядке учета изменения обстановки на пожаре, применения сил и средств для его тушения, а также регистрацию необходимой информации, в том числе диспетчером и с помощью технических средств нештатной службы управления гарнизона.

–проведение других мероприятий, направленных на обеспечение эффективности боевых действий по тушению пожар

Предупреждающие меры:

–На территории резервуарных парков при обслуживании необходимо осуществлять контроль воздушной среды на наличие вредных веществ с помощью переносных газоанализаторов.

–Системы пожаротушения, сигнализации, связи и первичные средства пожаротушения должны быть в исправном состоянии и постоянной готовности к действиям.

–Резервуарные парки и отдельно стоящие резервуары должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения в соответствии с действующими нормами, указанными в ППБ 01-93* «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации» [26].

–Места проведения ремонтных работ должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения:

–асбестовое полотно размеров 2х2 м – 2 шт.;

–огнетушители порошковые ОП-10 – 10 шт., или углекислотные ОУ-10 – 10 штук или один огнетушитель ОП-100 (ОП-50 2 шт.);

– лопаты – 2 шт.;

– ведра – 2 шт.;

– топор, лом – по 1 шт.

Вывод

Практическая значимость исследования заключается в возможности использовать положения и выводы, содержащиеся в нём, для более глубокого осмысления проблем и перспектив социальной ответственности при внедрении принципов корпоративной социальной ответственности в российских компаниях. Основные идеи исследования дополняют и уточняют теоретические разработки в области корпоративной ответственности. Положения дипломной работы могут быть использованы при формировании социальных отчетов российских компаний.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были рассмотрены особенности конструкции и технические параметры горизонтального стального наземного резервуара типа РГСН. Для рассматриваемого резервуара и его частей был проведен аналитический расчет. Для определения максимальных напряжений был использован метода конечных элементов.

Толщина стен, крыши и дна соответствует стандартам. Максимальные напряжения не превышают допустимые показатели.

Список используемых источников

1. Кузеев И.Р., Тляшева Р.Р., Мансурова С.М., Ивакин А.В., Шайзаков Г.А., Байрамгулов А.С. Методика определения напряженно-деформированного состояния стального цилиндрического резервуара // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал, №4. - 2013г.
2. Чепур П.В. Напряженно-деформированное состояние резервуара при развитии неравномерных осадок его основания // Дис. на соискание ученой степени к.т.н. – Москва, 2015г.
3. Хоперский Г. Г. Исследование напряженно-деформированного состояния стенки резервуара при неравномерных осадках основания // Дис. на соискание ученой степени к.т.н. – Тюмень, 1998г.
4. ГОСТ 1.2-2009 Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены (с Изменениями N 1, 2, 3)
5. Василькин А.А. Влияние геометрических несовершенств монтажных стыков стенки на малоцикловую прочность вертикальных стальных резервуаров // Дис. на соискание ученой степени к.т.н. – Москва, 2007г.
6. ГОСТ 17032-2010 "Резервуары стальные горизонтальные для нефтепродуктов. Технические условия".
7. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
8. ПБ 12-529-03 Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления.
9. ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.
10. ГН 2.2.5.2308 – 07. Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
11. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

12. СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ.

13. СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.

14. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение.

15. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

16. ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы.

17. ГОСТ 23337-2014 Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий.

18. ГОСТ ИСО 10816-1-97 Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на не вращающихся частях.

19. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.

20. ГОСТ Р 54578-2011 Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия.

21. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Санитарные правила и нормы.

22. ГОСТ 32569-2013 Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах (с Поправкой).

23. ГОСТ 12.1.041-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования (с Изменениями N 1, 2).

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

25. ГОСТ 17.2.3.02-78 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.

26. ГОСТ Р 53280.2-2010 Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 2. Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования и методы испытаний (с Изменением N 1).

27. ПОТ Р О-112-002-98 Правила по охране труда при эксплуатации магистральных нефтепродуктопроводов.

28. Константинов Н.Н. Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов. М., Гостоптехиздат, 1961.

29. Пектемиров Г.А. Справочник инженера нефтебаз / Г.А.Пектемиров. – М.: Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы, 1962. – 325с.

30. Трубопроводный транспорт нефти: учебник для вузов: в 2 т. / С.М.Вайншток [и др.]; под общ. ред. С.М. Вайнштока. – М.: ООО «Недра – Бизнесцентр», 2004. – Т. 2. – 621 с.

31. Хранение нефти и нефтепродуктов: учеб. пособие / под общ. ред. Ю.Д. Земенкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Тюмень: Издательство «Век-тор Бук», 2003. – 536 с.

32. Земенков Ю.Д. Транспорт и хранение нефти и газа в примерах и задачах: - СПб.: Недра, 2004, 544 с

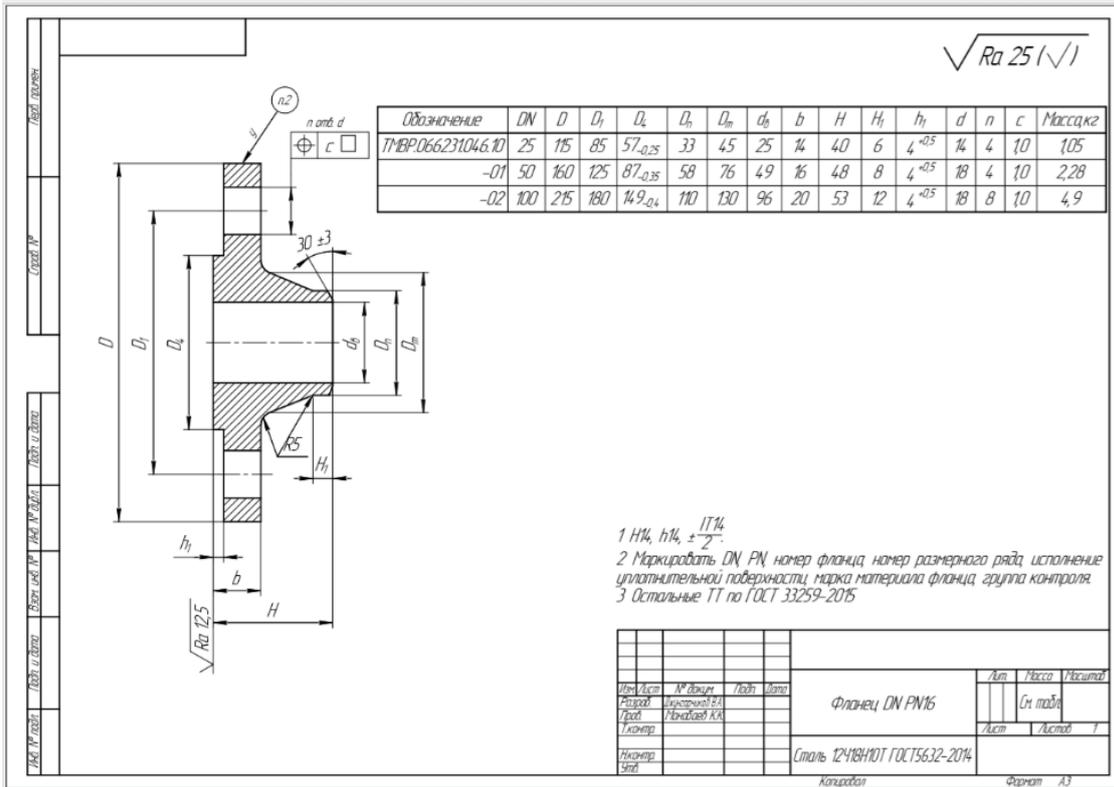
33. Едигаров С.Г., Михайлов В.М., Прохоров А.Д., Юфин В.А. Проектирование и эксплуатация нефтебаз. Учебник для ВУЗов. – М., «Недра», 1982, 280 с

34. 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.

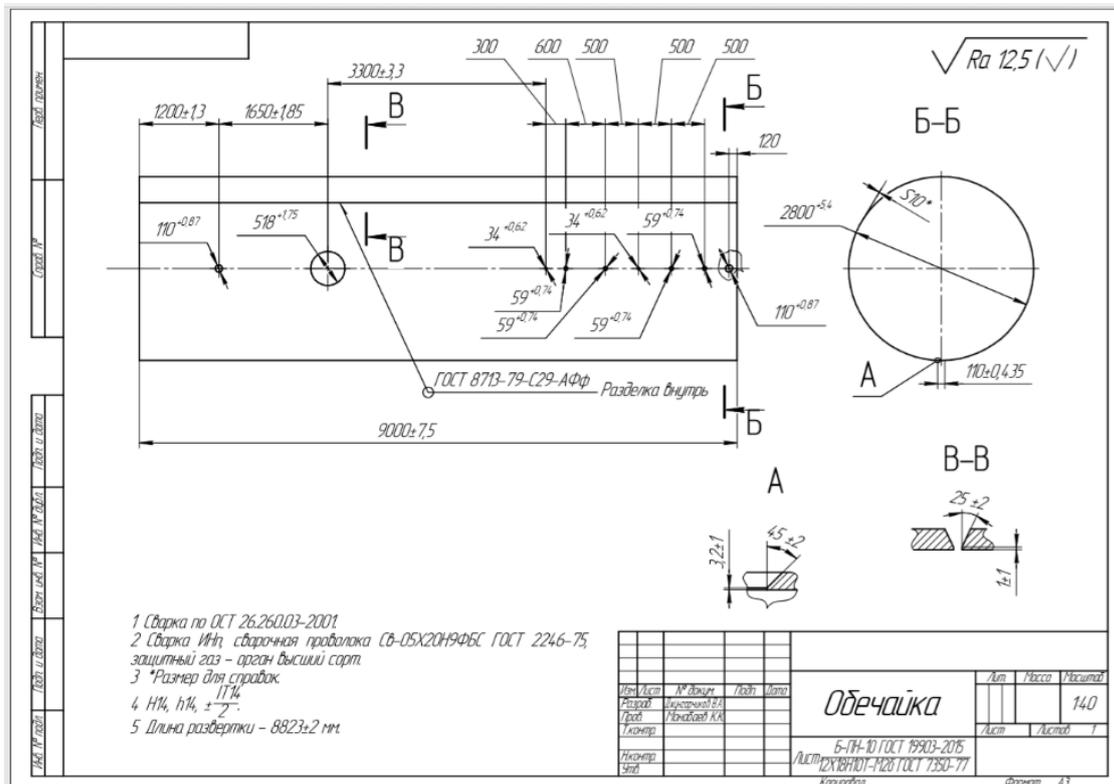
35. Злотникова Л.Г. Финансовый менеджмент в нефтегазовых отраслях: Учебник. – М.: Нефть и газ, 2005. – 452 с.

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

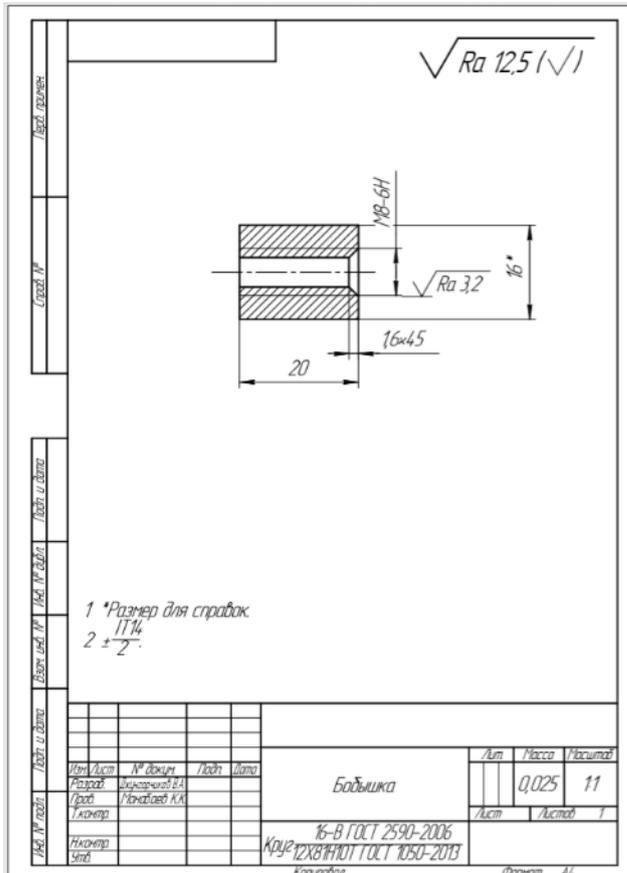
Приложение 1. Фланец



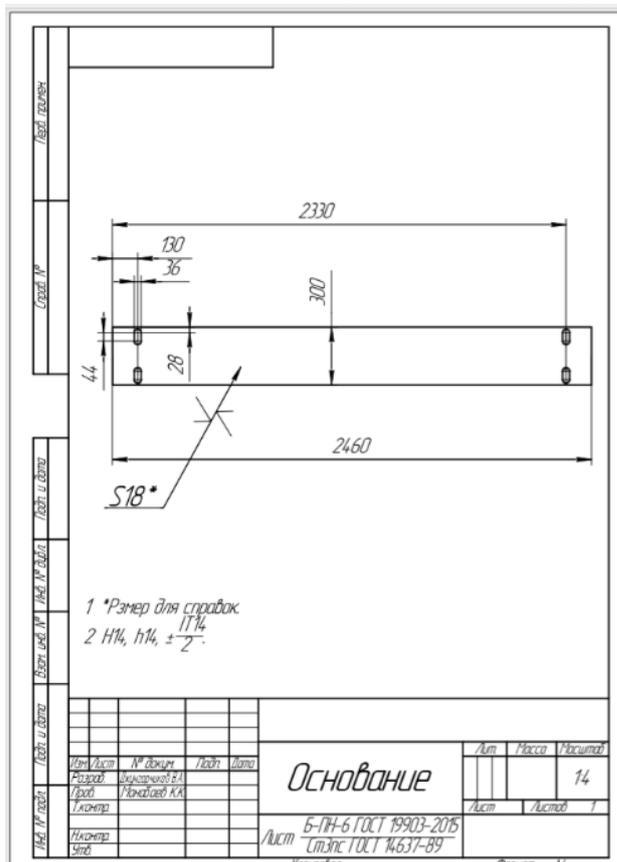
Приложение 2. Обечайка



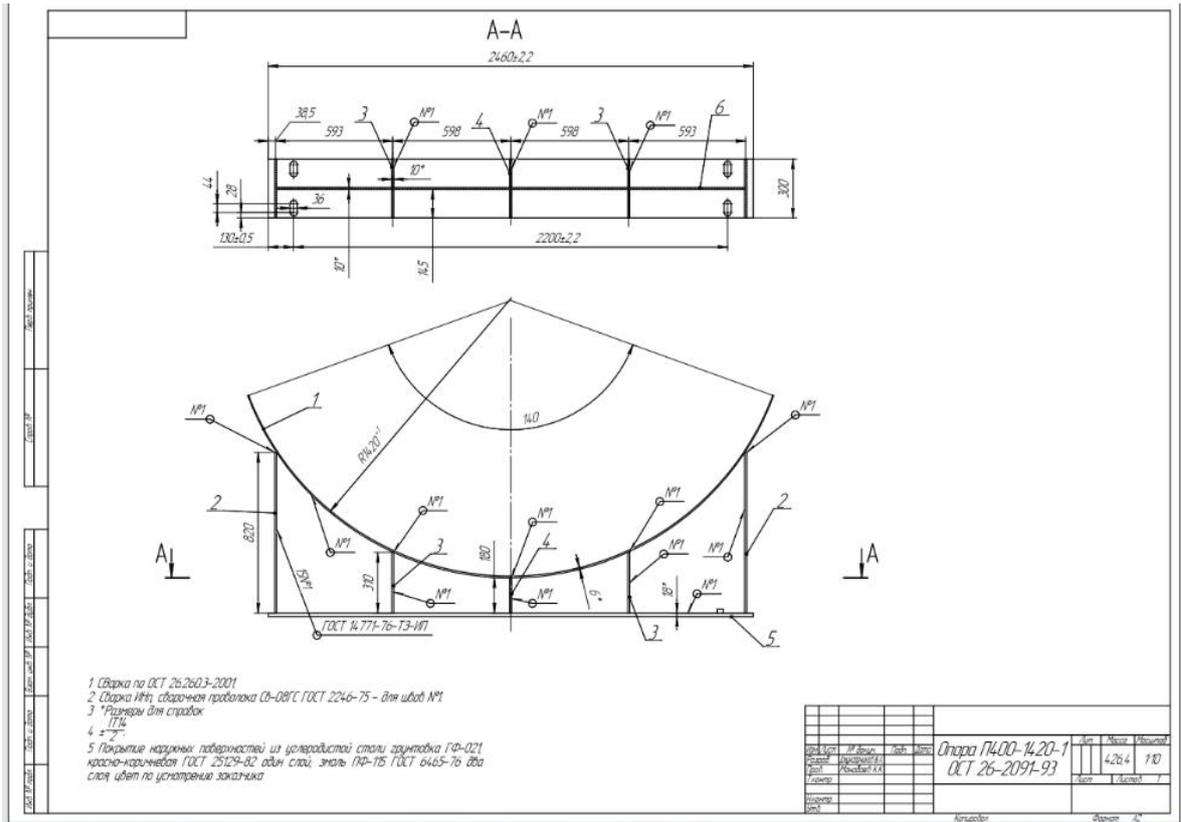
Приложение 3. Бобышка



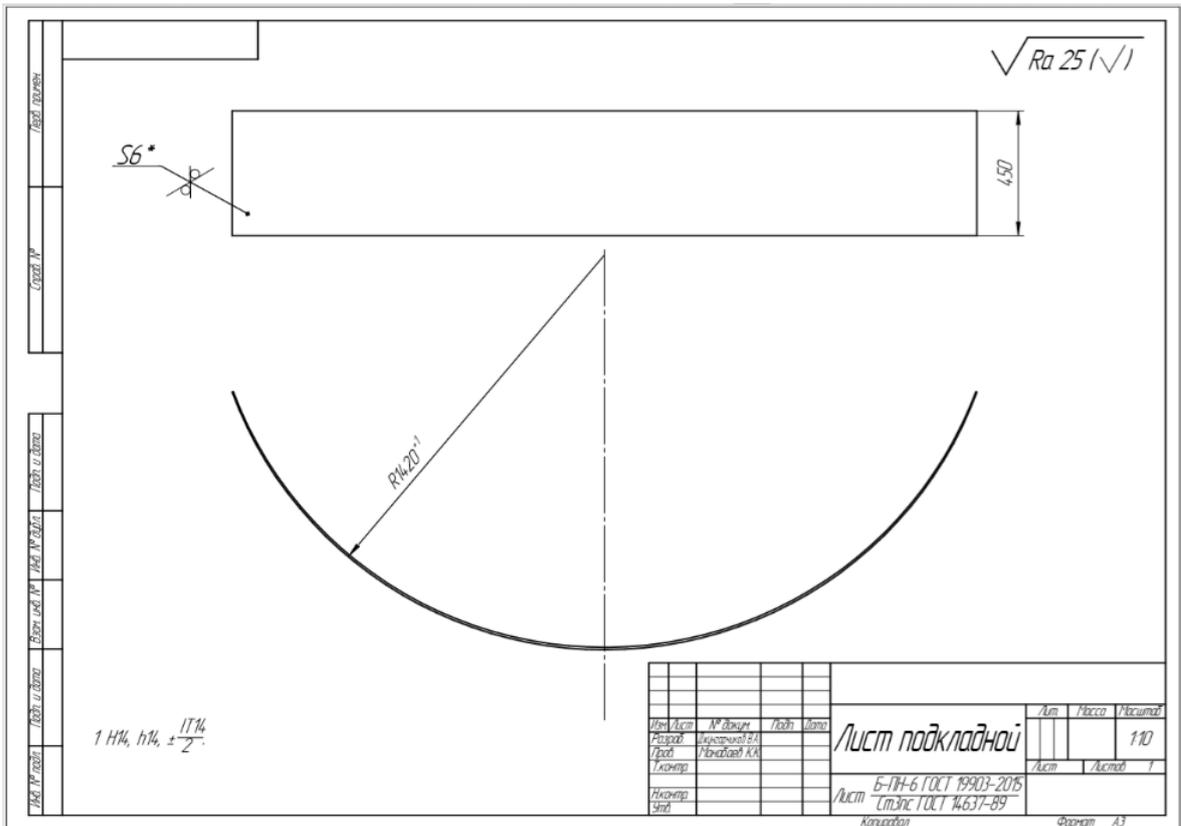
Приложение 4. Основание



Приложение 5. Опора



Приложение 6. Лист подкладной



Приложение 7. Емкость

