

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей среды в
нефтегазовом и химических комплексах

(направленность(профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему «Совершенствование мер безопасности при проведении капитального
ремонта стального резервуара на площадочных объектах АО «Транснефть-
Сибирь»

Обучающийся

Д. Д. Пашнин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

д.т.н., профессор Н.Г. Яговкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент ИИиЭБ, Т.Ю. Фрезе

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Содержание

Термины и определения.....	3
Список сокращений и обозначений	6
Введение	8
1 Анализ существующих методов ремонта резервуаров и особенностей площадочных объектов АО «Транснефть-Сибирь».....	13
1.1 Методики восстановления резервуаров, контроль качества и приемка из реконструкции.....	13
1.2 Общие данные о рассматриваемом объекте	26
2 Реконструирование объекта со следованием правил безопасности.....	30
2.1 Реконструирование объекта резервуара с целью снижения количества расхода нефти от испарения с применением ВІМ модели ...	30
2.2 Реконструирование объекта с целью следования противопожарного состояния с применением ВІМ модели.....	37
3 Совершенствование мер безопасности при проведении капитального ремонта стального резервуара	47
3.1 Совершенствование мер безопасности при производстве работ. Контроль качества. Применение ВІМ модели.....	47
3.2 Анализ опасных производственных факторов и разработка мероприятий по уменьшению их уровней с применением ВІМ модели	64
Заключение	73
Список используемой литературы и используемых источников	75

Термины и определения

ВІМ модель: технология, которая позволяет проектировать многомерную модель строительного объекта, содержащая основную информацию о нём. Подразумевают сложную систему из виртуальных составных частей, существующих в реальности и обладающих физическими свойствами. Благодаря данной технологии можно спроектировать сооружения перед их постройкой, ремонтом и реконструкцией и просчитать нюансы их функционирования.

Информационное моделирование строительных объектов (Building information modeling) — это процесс создания и изменения информации о строительных объектах. Главным результатом этого процесса является цифровая 3D модель строительного объекта, или цифровое описание особенностей построенного объекта. Модель используется для совместной работы и обновляется на ключевых этапах проекта. Создание цифровой модели строительного объекта позволяет тем, кто взаимодействует с ним, оптимизировать свои действия, в итоге повышая стоимость объекта (как объекта финансирования).

Класс резервуара (класс сооружения по уровню ответственности): Степень ответственности, возникающая при достижении предельного состояния резервуара, создающего неприемлемые риски для жизни и причинения вреда здоровью людей, имуществу физических или юридических лиц, окружающей среде.

Корпус резервуара: Соединенные между собой стенка, днище и крыша резервуара, образующие открытый или закрытый сверху сосуд, в котором содержится хранимый продукт.

Минимальная конструктивная толщина элемента: минимальная толщина, принятая из сортамента листового проката, достаточная для нормальной эксплуатации.

Металлоконструкции резервуара: изготавливаются отправочными узлами и деталями, и монтируются в изделие на месте строительства силами монтажной организации (стальное днище, стальная стенка, стальная крыша, алюминиевый плавающий понтон; стальные патрубки; стальные люки; стальные лестницы шахтная, стальные площадки обслуживания оборудование, стальные кольцевые площадки, стальное ограждение, стальные переходы, стальные ступеньки и другие, различных исполнений и типоразмеров, определяемых рабочими чертежами и условиями заказа.

Номинальный объем резервуара: Условная величина, приблизительно равная геометрическому объему резервуара (произведение площади поперечного сечения резервуара по внутреннему диаметру стенки на высоту стенки), служащая для идентификации резервуаров (типоразмеров) и при расчетах.

Номинальная толщина элемента: проектная толщина, определенная по расчетной или минимальной конструктивной толщине с учетом минусового допуска на прокат плюс припуск для компенсации коррозии.

Общий срок службы резервуара: продолжительность нормальной эксплуатации резервуара при выполнении необходимого регламента обслуживания и ремонтов до состояния, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна.

Основание резервуара: грунтовая подушка или бетонный фундамент, на который устанавливается резервуар.

Плавающая крыша: конструкция, служащая для предотвращения испарения продукта в резервуаре, не имеющем стационарной крыши, плавающая на поверхности хранимого продукта и закрывающая поверхность продукта по всей площади поперечного сечения резервуара.

Понтон: конструкция, служащая для предотвращения испарения продукта в резервуаре со стационарной крышей, плавающая на поверхности хранимого продукта и закрывающая поверхность продукта по всей площади поперечного сечения резервуара.

Припуск на коррозию: назначенная часть толщины элемента конструкции для компенсации его коррозионного повреждения.

Расчетная толщина элемента: величина, определяемая расчетом.

Расчетный срок службы резервуара: Период безопасной эксплуатации резервуара до очередного диагностирования или ремонта. Расчетный срок службы отсчитывают от начала эксплуатации, а также от момента возобновления эксплуатации после диагностирования или ремонта.

Резервуар вертикальный цилиндрический стальной: наземное строительное сооружение, предназначенное для приема, хранения, измерения объема и выдачи жидкости.

Резервуар с защитной стенкой: конструктивное решение резервуара, включающее в себя внутренний основной резервуар со стационарной или плавающей крышей и наружный защитный резервуар.

Температура вспышки нефти (нефтепродукта): минимальная температура жидкости, при которой происходит воспламенение ее паров при испытании в закрытом тигле.

Статически нагружаемый резервуар: резервуар, эксплуатирующийся в режиме хранения продукта с Коэффициентом оборачиваемости не более 100 циклов в год.

Циклически нагружаемый резервуар: резервуар, для которого коэффициент оборачиваемости продукта равен более 100 циклов в год.

Список сокращений и обозначений

ВМ	–	трехмерная модель сооружения с её связанными свойствами;
АО	–	акционерное общество;
АРМ	–	автоматизированное рабочее место;
АС	–	автоматизированная система;
АСУ ТП	–	автоматизированная система управления технологическим процессом;
АИС	–	автоматизированная информационная система;
БЕ	–	буферная емкость;
БКН	–	блок контроля качества нефти;
БРХ	–	блок реагентного хозяйства;
ГЖ	–	горючая жидкость;
ГО	–	устройство газовой обвязки;
ГПК	–	газоперерабатывающий комплекс;
ГС	–	газосепаратор;
ДНС	–	дожимная насосная станция;
ДЭ	–	документ электронный;
ЖЦ	–	жизненный цикл объекта капитального строительства;
ИМ	–	исполнительный механизм;
ИС	–	информационная система;
ИМ ОКС	–	информационная модель объекта капитального строительства;
ИЦММ	–	инженерная цифровая модель местности;
КИПиА	–	контрольно-измерительные приборы и автоматика;
КМ	–	рабочие чертежи металлических конструкций;
КМД	–	детализованные чертежи металлических конструкций
КНС	–	кустовая насосная станция;
ЛВЖ	–	легковоспламеняемая (легковоспламеняющаяся) жидкость;
НВП	–	насос внешней перекачки нефти;

НПВ	– насос откачки подтоварной воды;
НУН	– насос уловленной нефти;
ОГ	– отстойник горизонтальный;
ОКС	– объект капитального строительства;
ППР	– проект производства монтажно-сварочных работ;
ПРУ	– приемо-раздаточное устройство;
ПСС	– проводные средства связи;
РК	– радиографический контроль;
РО	– регулирующий орган;
САПР	– система (системы) автоматизированного проектирования;
САР	– система автоматического регулирования;
УДС	– установка депарафинизации скважин;
УЛФ	– установка улавливания легких фракций;
УЗК	– ультразвуковой контроль.
УУВ	– узел учёта очищенной воды;
УУГ	– узел учёта газа;
УУН	– узел учёта нефти;
ЦИМ	– цифровая информационная модель;
ЦПГ	– цех подготовки газа;
ЦППН	– цех подготовки и перекачки нефти;
ЦПСН	– цех по приёму-сдачи нефти.
ЭХЗ	– система электрохимической защиты;

Введение

Инженерные конструкции резервуаров из стали предназначены для ответственных задач, таких как прием, длительное хранение, перекачки и контроль нефти и газа. Они работают в тяжелых эксплуатационных условиях и являются сварными конструкциями, требующими особого внимания. Одной из проблем, связанных с резервуарами из стали, является снижение пластических свойств и наличие жестких сварных соединений. Это может привести к отказам оборудования, ненадежности и увеличению остановок в работе транспорта нефти и газа, а также ЧС с проливом и других печальных для предприятия и окружающей среды.

Отрицательные температуры металла вызывают значительные внутренние напряжения, которые не могут быть перераспределены из-за создаваемых условий. Неравномерные осадки, коррозия и это - факторы, которые могут привести к разрушению резервуара и снижению его эксплуатационной надежности. С увеличением количества резервуаров и насосных станций в резервуарных парках нефтебаз и использовании резервуаров со стационарными крышами большого объема, требуется научно-технический подход для решения этих вопросов.

С использованием современных технологий и методик обследования необходимо проводить постоянную профилактическую работу для обеспечения пожарной безопасности процесса хранения.

Актуальность темы представленной работы состоит в том, что вопросы обеспечения надежности и безопасности эксплуатации резервуарных парков и прочих объектов и сооружений отечественного нефтегазового комплекса требуют постоянно совершенствующихся технических решений. Значительная часть эксплуатируемых на территории Российской Федерации резервуаров размещена в тяжелых природных условиях месторождений Крайнего Севера и Восточной Сибири. Жесткость конструкции аппаратов обеспечивают сварные соединения, поэтому в условиях отрицательных

температур и соответствующем ухудшении пластических свойств металла наблюдаются существенные внутренние температурные сдвиги и напряжения. При скреплении элементов конструкции резервуара посредством сварных швов возможность перераспределения возникающих температурных напряжений практически исключена, что повышает степень износа конструкции и риск разгерметизации и разрушения резервуара.

Проблема надежности и долговечности оборудования и сооружений объектов нефтегазовой отрасли имеет важное значение.

В данной работе обсуждается вопрос технического перевооружения и ремонта стального вертикального резервуара для хранения нефти и газа объемом 5000м³. Надежность оборудования и количество его остановок напрямую влияют на количество простоев в работе транспорта и перекачки нефти и нефтегазопродуктов, а также на вероятность возникновения инцидентов и аварий с разливом нефти и другими вредными последствиями для ряда предприятий, государства и окружающей среды. Чем долговечнее оборудование резервуара и меньше его остановок, тем меньше возможности для возникновения негативных последствий.

Объект исследования: стальные вертикальные резервуары нефти и нефтепродуктов, резервуарные парки.

Предмет исследования: производство работ при капитальном ремонте.

Цель исследования: совершенствование мер безопасности, снижение риска опасности работников, предотвращение инцидентов и аварий.

Гипотеза исследования состоит в том, что предложенные мероприятия по капитальному ремонту резервуара и технологические карты будут способствовать повышению эксплуатационных характеристик резервуара, устранению возникающих типовых повреждений резервуара, а также улучшению методов проведения безопасных работ на объекте.

Задачи исследования:

- для успешного ремонта резервуаров необходимо изучить современные методы и приемы, а также правила, сроки и порядок его

проведения.

- для улучшения эксплуатационной характеристики конкретного резервуара необходимо предложить и рассчитать мероприятия по его капитальному ремонту.
- в рамках технической части работы требуется разработать технологические карты на перевооружение и капремонт наиболее повторяющихся дефектов резервуара.
- важно также отобразить вопросы охраны труда и экологических потерь технических решений и дать оценку противопожарного состояние на производственной площадке на территории нефтебазы.
- необходимо произвести расчет фактической проектной стоимости работ по капитальному ремонту объекта, а также оценить технико-экономические показатели на каждой стадии проекта.

Теоретико-методологическая основа исследования: в процессе изучения технологий по реконструкции и техническому перевооружению вертикального стального резервуара были рассмотрены теоретические аспекты, а также по обеспечению должных мер безопасности при проведении данного вида работ рассматривались труды Колодкина В.М., Ветошкина А.Г., Григорьева А.В., Гусаковой Н.В.

Базовыми для настоящего исследования явились также: основные положения в области техносферной безопасности, выведенные Колодкиным В.М., Григорьевым А.В., а также «Правила по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ и Система стандартов безопасности труда (ССБТ), Работы электросварные. Требования безопасности."

Методы исследования: экспериментальные (наблюдение, сравнительный анализ), теоретико-эмпирический (аналогия, абстрагирование).

Опытно-экспериментальная база исследования: объект на производственной площадке Акционерного общества «Транснефть-Сибирь» (АО «Транснефть-Сибирь»).

Научная новизна исследования заключается в:

- совершенствовании существующих методов обеспечения безопасности при проведении капитального ремонта стального резервуара на площадочных объектах АО «Транснефть-Сибирь»;
- наиболее эффективной оценке потенциальных опасностей;
- создании новых методов предотвращения опасных ситуаций.

Теоретическая значимость исследования заключается в: разработке и описании способов совершенствования мер обеспечения безопасности рабочего персонала при проведении технического перевооружения вертикального стального резервуара на различных промышленных площадках.

Практическая значимость исследования:

Реализация вопросов по перевооружению и капитальному ремонту вертикального стального резервуара емкостью 5000 м³ может быть осуществлена благодаря разработанным в проекте вопросам и применению BIM моделирования. Это является практически значимым результатом работы.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- достаточным количеством изученных и используемых источников информации;
- произведением расчетов проектной стоимости работ по ремонту объекта, технико-экономических показателей этапов проекта;
- для повышения эксплуатационных характеристик рассматриваемого резервуара были предложены следующие мероприятия: установка алюминиевого понтона и устройство системы пожаротушения.
- анализом BIM моделей резервуара и изучением воздействий.

Личное участие автора в реализации и проведении исследования состоит в разработке технологических карт на ремонт типичных повреждений резервуара (ремонт стенок, монтаж колец жесткости, реконструкция

основания резервуара, монтаж и сварка дополнительных площадок обслуживания), проведение требуемых расчетов с помощью трехмерного моделирования, в апробации и внедрении результатов исследования.

На защиту выносятся:

- взвешивается возможность проведения мероприятий по техническому перевооружению резервуара с целью увеличения его базовых характеристик (установка алюминиевого понтона, монтаж системы СППТ, орошения);
- устранение типичных повреждений резервуара возможно с помощью технологических карт (ремонт стенки монтажом конструкции колец жесткости, реконструкция и ремонт основания резервуара, монтаж и сварка дополнительных площадок обслуживания).

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, трех глав, (разделов), заключения, содержит 16 рисунков, 10 таблиц, список использованной литературы и используемых источников (83 источника). Основной текст работы изложен на 84 страницах.

1 Анализ существующих методов ремонта резервуаров и особенностей площадочных объектов АО «Транснефть-Сибирь»

1.1 Методики восстановления резервуаров, контроль качества и приемка из реконструкции

Резервуарные парки предприятий нефтепродуктообеспечения являются широко распространенными объектами нефтегазовой отрасли. Под резервуарным парком понимается комплекс различных типов емкостного оборудования и тары, использующийся с целью хранения нефти и нефтепродуктов, объединенных по товарным (продуктным) группам [4].

Для удобного учета и хранения нефтяного сырья используются стальные резервуары. Эксплуатация этих сооружений зависит от выбранной организационной стратегии, которая может быть полностью монополизированной или предусматривать доленое участие и сотрудничество с другими направлениями отрасли. Таким образом, один объект может использоваться для работы с нефтеперерабатывающими комплексами, станциями перекачки и прочими. Хранилища для ресурсов разделяются на определенные группы в зависимости от их функциональной особенности [4].

Для учёта нефти и нефтепродуктов в непрерывном режиме используется современный товарный парк, который состоит из группы различных или однотипных резервуаров и оборудования. Проектирование, возведение и эксплуатация резервуарных парков соответствуют международным стандартам строительства [7]. Резервуары и резервуарные парки делятся на группы в зависимости от их назначения, которые могут быть использованы для хранения и перекачки нефти и нефтепродуктов [1; 8]. Товарный парк может быть надземным или подземным, в зависимости от способа своего размещения [5].

Железобетонные резервуары с высокой прочностью и без облицовки наиболее часто используются для подземного размещения. Они обычно

облицованы стальными листами. Изготавливаются вертикальные резервуары из высокоуглеродистой стали с возможностью вертикальной компоновки и установкой навесного оборудования, включая крышу. Крыша может быть как стационарной, так и плавающей в таких резервуарах.

В соответствии с данными Таблицы 1 ИТС46-2019 [17], нефтепродукты – легковоспламеняющиеся жидкости, относящиеся к 3 классу опасности (подклассы 3.1, 3.2, 3.3). Для хранения жидкостей и газов в нефтехимической отрасли используется различное ёмкостное оборудование: ёмкостные стальные аппараты, резервуары, газгольдеры.

Наиболее распространённым ёмкостным оборудованием являются стальные резервуары различной вместимости, которые делятся на горизонтальные для жидких и газообразных сред, вертикальные для жидких сред и вертикальные для газов, шаровые (газгольдеры) для сжиженных газов [17]. В соответствии с изложенным материалом [17, с. 872], под определением резервуар понимается герметично закрываемая или открытая емкость для хранения жидкостей и газов. К наиболее распространенным относятся стальные резервуары. При необходимости производится их облицовка при помощи теплоизолирующих, защитных и иных материалов и покрытий. [2]

Функциональное назначение резервуарных парков заключается в обеспечении максимально оперативного и рационального проведения технологических операций по учёту, распределению, хранению и отпуску потребителям нефти и продуктов ее переработки. Требования к техническому состоянию резервуарных парков регламентируются национальными и международными стандартами качества [7].

Проектирование резервуарных парков производится в соответствии с требованиями СП 155.13130.2014 (принят вместо устаревшего СНиП 2.11.03–93) [16], а также действующих ГОСТ 1510–84 [19] и ГОСТ 30852.9–2002 [20].

Перечисленной документацией регламентируется качество изделий и создает максимальную сохранность продукта в них [8].

Кроме того, наличие запасного количества нефтепродуктов обеспечивает бесперебойное выполнение технологических действий всего нефтеперерабатывающего комплекса.

Все указанные параметры определяются следующими характеристиками [25]:

- категории, которую имеет товарный парк;
- объёма продукта задействованных резервуаров;
- схем расположения и планировки парка;
- последовательности строительства, реконструкции, перевооружения и ввода в эксплуатацию резервуаров;
- условий ландшафта и местности.

По своему конструкционному профилю резервуары бывают [5]:

- вертикальной геометрической формы;
- горизонтальные емкости со стационарной крышей;
- горизонтальные с плавающей, от уровня продукта, крышей.

Кроме того, при строительстве, реконструкции, ремонте учитываются параметры в зависимости от известных критериев [5]:

- предназначение, категория парка и его номинальный объем;
- длительность эксплуатации и схем расстановки контейнеров;
- климатические особенности и географическое положение.

Резервуары с плавающими крышами применяются в районах с нормативной снеговой нагрузкой до 1,5 кПа. Для снижения дождевой нагрузки на крышу резервуара предусматривается дренажная система [5].

Для поддержания технического состояния резервуаров проводят плановый ремонт, включающий обследование, планово-текущий и капитальный ремонты всего навесного и внутреннего оборудования, а также резервуара. Не реже одного раза в шесть месяцев обязательно проводят обследование и планово-текущий ремонт резервуаров. Для быстрого ремонта стальной стенки, стальной крыши и навесного оборудования проводится

оценка состояния на основании результатов измерений и обследований, при этом освобождение резервуара от хранимого продукта не требуется. [17]

Не менее одного раза в 2 года проводят плановый ремонт резервуаров. Выкачивание хранимого продукта - одна из работ, которые проводятся при капитальном ремонте резервуара, резервуар чистится, пропаривается и удаляется загазованность, РВС зачищается от коррозии внутри и снаружи, оценивается текущее техническое состояние стальных конструкций стенки, окрайки и кровли резервуара, устраняются кратеры коррозии и возникшие впадины, оценивается состояние сварочных соединений, производится испытание и замена наружного технологического оборудования.

Особое внимание следует уделять тщательному осмотру металлоконструкций при монтаже и сварке окрайки на «уторном» шве, так как эта позиция является самым нагруженным участком данного инженерного сооружения.

Для обеспечения нормальной работы резервуара необходимо проводить следующие мероприятия: исправление положения РВС при завышении допустимых показателей осадков, подмена дефектных элементов стальных конструкций, ремонт фундамента РВС и проведение испытания на герметичность, жесткость и прочность РВС.

Все работы необходимо производить в строгой технологической последовательности. Запрещено пренебрегать правилами промышленной безопасности.

«При эксплуатации резервуаров чаще всего встречаются следующие дефекты и повреждения:

1) трещины в окрайках днища в сварных соединениях и основном металле (иногда трещины с окраек переходят на основной металл первого пояса стенки);

2) трещины в нижнем уторном узле в сварных соединениях и основном металле (в ряде случаев трещины с углового сварного шва переходят на основной металл первого пояса стенки);

3) коррозионные раковины швов таврового соединения стальной стенки со стальным днищем, периодичная коррозия углового шва, гарантированно являющаяся очагом образования трещин по зоне сварного шва, сливающейся в основной металл;

4) трещины в сварных соединениях полотнища днища с выходом или без выхода на основной металл;

5) выпучины, вмятины и гофры на днище;

6) трещины в стенке в сварных соединениях и основном металле (в основном, в нижних поясах); наиболее часто трещины в стенке резервуара возникают в вертикальных сварных швах с выходом или без выхода на основной металл, в участках пересечения швов, и швах и околошовной зоне поперёк шва; трещины появляются в шовной зоне термического влияния вблизи люков, в участках удаления патрубков нефтепроводов и навесного оборудования, в участках сварки конструкций стальных ребер жесткости;

7) подрезы в пространственных сварных швах, имеющих округлость (чаще всего встречаются на стенах из рулонных типов);

8) отслоение основного металла с переходом на сварочные швы;

9) непровары, подрезы, поры, шлаковые включения и другие дефекты сварных соединений;

10) негерметичность (вызывающая отпотины) в сварных, клёпаных соединениях и основном металле стенки, днища, кровли и понтона;

11) изменения геометрической формы верхних поясов стенки резервуара (местные выпучины, вмятины, горизонтальные гофры) и кровли резервуара повышенного давления;

12) коррозионные повреждения днища, стенки, понтона, кровли и ее несущих элементов;

13) значительные деформации и разрушения отдельных несущих конструктивных элементов покрытия резервуара;

14) отрыв центральной стойки от днища резервуара;

15) отрыв от стенки резервуара опорных кронштейнов понтона;

16) погружение понтона с созданием износа направляющих стоек, труб и стиральных узлов кронштейнов понтона;

17) деформации, зависания и снижение базовых свойств прокладок понтонов и прокладок затворов;

18) срыв фиксирующих болтов и износ вертикальных стенок анкерного узла у резервуаров с повышенным давлением;

19) износ и смещение днища по всей площади резервуара при усадке железобетонного фундамента;

20) равномерные и перекошенные усадки песчаного основания, как следствие, с наклоном фундамента в сторону воздействия иных нагрузок на основание: в местах монтажа основных подводящих и отводящих патрубков труб;

21) местный износ (в основном, замятие внутрь) стенки РВС в местах врезки трубопроводов при усадке фундамента РВС;

22) подрезы и деформации в нижней части стального воротника патрубков при усадке основания и фундамента РВС и отклонения стенки;

23) деформирование стоек лестницы при перегрузки связи шахтной лестницы со стенкой РВС (из-за стальных сваренных уголков) при усадке основания и фундамента РВС или шахтной лестницы;

24) разрушение антикоррозийного покрытия» [43]

Виды коррозионных дефектов.

«К коррозионным повреждениям, наиболее характерным для конструкций, выполненных из малоуглеродистых и низколегированных сталей без антикоррозионных покрытий, а также с защитными покрытиями из цинка и алюминия согласно РД 26-10-87 относятся:» [36]

«Сплошная коррозия — это коррозия, охватывающая всю поверхность металла конструкции или ее отдельных элементов (например, пояса стенки резервуара или отдельного листа). Сплошная коррозия характерна для стали, алюминия, цинковых и алюминиевых защитных покрытий в любых средах, в которых коррозионная стойкость данного материала или металла покрытия

недостаточно высока. Ее скорость, определяющаяся по уменьшению толщины за год эксплуатации, составляет: на открытом воздухе — 25-100 мкм/год, в грунте — 5-75 мкм/год, в воде - 50-250 мкм/год.» [36]

«Сплошная коррозия разделяется на следующие подвиды:»

«Равномерная коррозия сплошная - это коррозия, протекающая с одинаковой скоростью на всей поверхности металла.» [36]

«Неравномерная коррозия сплошная - это коррозия, протекающая с неодинаковой скоростью на различных участках поверхности металла.» [31]

«Местная коррозия - это коррозия, охватывающая отдельные участки поверхности металла или сварного соединения.» [36]

«2.2.2. Гальваническая (контактная) коррозия - это коррозия, происходящая при контакте двух или более металлов с различными электродными потенциалами. Металл с более высоким электродным потенциалом (анод) разрушается, и образующиеся при этом продукты в виде окислов отлагаются на металле с положительным по отношению к первому электродным потенциалом.» [36]

«Этот механизм используется для защиты от коррозии стальных элементов конструкций, которые покрываются цинком, алюминием или оловом.» [36]

«2.2.3. Коррозионная язва - местное коррозионное разрушение, имеющее вид отдельной раковины. Язвенная коррозия характерна, в основном, для малоуглеродистых, углеродистых и низколегированных сталей при эксплуатации в жидких средах и грунтах.» [36]

«При очистке этих мест стальной щеткой обнаруживается язва.» [36]

«Язвенная коррозия характеризуется появлением на поверхности металла отдельных или множественных повреждений, глубина и поперечные размеры которых соизмеримы между собой и составляют от долей миллиметра до нескольких миллиметров. Язвенная коррозия обычно сопровождается образованием толстых слоев продуктов коррозии, покрывающих всю поверхность металла или значительные участки вокруг

отдельных крупных язв (особенно характерно для коррозии незащищенных стальных конструкций в грунтах). Кислородная язвенная коррозия развивается вглубь металла и является следствием наличия в жидкости или паре свободного кислорода. На внутренней поверхности металла появляются бугорки, ржавчина коричневого цвета, под которой обычно имеется слой окислов черного цвета.» [36]

«Точечная (питтинговая) коррозия - местная коррозия металла в виде отдельных мелких (не более 1 - 2 мм в диаметре) и глубоких (глубина больше поперечных размеров) язвочек. Протекает с большой скоростью (до 0,5 мм/год), что может приводить к свищу. Возникает обычно в местах химической неоднородности металла или местах нарушения пассивирующей плёнки, например, под каплей воды. Питтинговая коррозия характерна для нержавеющей сталей и алюминиевых сплавов. Низколегированная сталь подвергается коррозии этого вида крайне редко. В частности, углеродистые и низколегированные стали в среде нефтепродуктов и подтоварной воде не склонны к коррозии данного вида. (Употребление термина «питтинговая коррозия» в качестве синонима язвенной коррозии некорректно).» [36]

«Ножевая коррозия - избирательная, местная коррозия под напряжением неоднородного металла сварного шва, вытянутая вдоль шва. Располагается, как правило, по зоне сплавления металла в агрессивных средах, например, в подтоварной воде. Обычно имеет вид глубокого подреза рваной формы, хотя может проходить и по центральной части валика усиления, особенно в угловых швах. В резервуарах особенно опасна ножевая коррозия внутреннего углового сварного соединения стенки с днищем, потенциально являющаяся источником образования и развития трещины.» [36]

«Щелевая коррозия - характерна для труднодоступных участков в виде щелей, зазоров, карманов. Встречается в щелях и зазорах между двумя металлами или в местах неплотного контакта металла с неметаллическим элементом в присутствии атмосферного кислорода; реализуется на внешней поверхности резервуара и в односторонних нахлесточных сварных

соединениях изнутри кровли резервуара. В средах нефти и подтоварной воды щелевой эффект не реализуется из-за отсутствия атмосферного кислорода (не путать с ножевой коррозией).» [36]

«Нитевидная коррозия - коррозия, распространяющаяся в виде переплетённых нитей, преимущественно под неметаллическими защитными покрытиями. Нитевидная коррозия характерна для элементов днища, покрытых толстым и плотным слоем парафина, причём ширина нитей может достигать 5-15 мм.» [36]

«Межкристаллитная коррозия имеет место, когда скорость растворения сплава (металла) по границам зерен значительно превышает скорость растворения самого зерна, и возникает у наклёпанного и находящегося под воздействием близких к пределу текучести растягивающих напряжений металла в среде с высокой концентрацией веществ, растворённых в воде или другой жидкости, смешанной с водой. Металл приобретает хрупкость, в нем образуются микротрещины. Межкристаллитная коррозия может быть обнаружена методами неразрушающего контроля (вихретоковым, магнито-порошковым). При визуальном контроле обнаружить межкристаллитную коррозию можно только при наличии явно выраженных трещин, выходящих на поверхность металла. Отличительными особенностями является распространение начальных микроскопических трещин по границам кристаллитов; крупные трещины являются, в основном, транскристаллитными, т.е. проходят по кристаллам. Другим отличительным признаком межкристаллитной коррозии является бездеформационный или хрупкий по внешнему виду излома характер разрушений. В зоне трещины отсутствует деформация металла. До разрушения элемент конструкции не меняет своей формы.» [36]

«Межкристаллитная коррозия особенно характерна для нержавеющей сталей и упрочнённых алюминиевых сплавов, особенно на участках сварки, и характеризуется относительно равномерным распределением множественных трещин на больших участках поверхности конструкций. На каждом участке

развития коррозии этого вида трещины практически одновременно зарождаются от многих источников, не обязательно связанных с конструктивными зонами концентрации напряжений. Этот вид коррозии надёжно определяется при металлографическом исследовании и наиболее характерен для хромоникелевых сталей аустенитного класса и алюминиевых сплавов.» [36]

«Коррозионное растрескивание (коррозия под напряжением) - образование трещин при одновременном воздействии растягивающих статических напряжений и агрессивных сред (под действием сжимающих напряжений не наблюдается). Характеризуется образованием единичных и множественных трещин, связанных с концентрацией основных рабочих и внутренних напряжений. Трещины могут распространяться между кристаллитами или по телу зерен, как правило, с большей скоростью в плоскости, нормальной к действующим напряжениям, чем в плоскости поверхности (не путать с межкристаллитной коррозией).» [36]

«Углеродистая и низколегированная сталь обычной и повышенной прочности (от < 600 МПа) подвергается этому виду коррозии в горячих растворах щелочей и нитратов, смесях $\text{C O} - \text{C O}_2 - \text{H}_2 - \text{H}_2\text{O}$ и в средах, содержащих аммиак или сероводород. Коррозионное растрескивание может проявиться при превышении растягивающими напряжениями некоторого предельного значения, снижающегося с увеличением прочности стали. Для стали ВСт3 этот предел составляет 0,5 предела текучести, для стали 09Г2С - 0,3 предела текучести, для сталей 14Г2АФ, 09Г2ФБ - 0,05 - 0,1 предела текучести. При напряжениях ниже этого предельного значения коррозионное растрескивание не проявляется. При подозрении на коррозионное растрескивание необходимо проведение металлографических исследований.» [36]

«Коррозионная усталость - вид коррозии под напряжением, возникает в жидких агрессивных средах при действии циклических напряжений. Приводит к возникновению трещин, характеризующихся теми же признаками,

что и при коррозионном растрескивании.» [36]

«Эрозия - механическое удаление металла в местах падения входного потока рабочей жидкости, напротив входных патрубков, вокруг выходных патрубков и т.п. (проявляющаяся особенно интенсивно, если в жидкости присутствуют твёрдые частицы). Эрозия выражается в виде углублений, язв, внешне похожих на коррозионные. От язвенной коррозии внешне отличается отсутствием продуктов коррозии или присутствием их в небольшом количестве, несоизмеримом с размерами повреждений. (Эрозия характерна, например, для используемых при добыче нефти сосудов, работающих под давлением, в меньшей степени - для резервуарных конструкций).» [31]

«Виды дефектов сварных соединений.» [36]

«Трещина сварного соединения - дефект сварного соединения в виде локального разрыва металла в сварном шве и (или) в зоне термического влияния.» [36]

«Продольная трещина сварного соединения - трещина, ориентированная параллельно продольной оси сварного шва.» [36]

«Поперечная трещина сварного соединения - трещина, ориентированная перпендикулярно продольной оси сварного шва.» [36]

«Разветвлённая трещина сварного соединения - трещина сварного соединения, имеющая ответвления в различных направлениях.» [36]

«Непровар (несплавление) - дефект в виде отсутствия сплавления в сварном соединении вследствие неполного расплавления кромок основного металла или поверхностей ранее выполненных валиков сварного шва. Различают непровары между кромками основного металла (внутренние или наружные), между основным металлом и металлом шва, между слоями (валиками) шва при многослойной сварке. Наиболее опасным следует считать непровар корня шва. Непровар снижает усталостную прочность шва, повышает склонность конструкции к хрупкому разрушению. В строительных конструкциях встречается «конструктивный непровар», считающийся допустимым при статических нагрузках, и заложенный в проектной

документации.» [36]

«Наплыв на сварном соединении - дефект в виде натекания расплавленного металла шва на поверхность основного металла или ранее выполненного валика без сплавления с ним. Является концентратором напряжения, часто скрывает коррозию или подрез со шлаковым включением.» [36]

«Подрез зоны сплавления - дефект в виде углубления на основном металле вдоль линии сплавления сварного шва с основным металлом.» [31]

«Уменьшает сечение основного металла, является концентратором в зоне высоких остаточных напряжений и источником зарождения ножевой коррозии.» [36]

«Вогнутость корня шва - дефект в виде углубления на поверхности обратной стороны одностороннего сварного шва. Может быть концентратором напряжений.» [36]

«Свищ в сварном шве - дефект (не обязательно сквозной), выходящий на поверхность в виде воронкообразного углубления в сварном шве (часто образующийся в местах обрыва дуги).» [36]

«Пора сварного шва - дефект сварного шва в виде полости округлой формы, заполненной газом.» [36]

«Цепочка пор - группа пор в сварном шве, расположенных в линию.» [36]

«Шлаковое включение (любой формы) - дефект в виде вкрапления в сварном шве остатков сварочного флюса или обмазки электродов. Часто сопровождается непровар, подрез и несплавление кромок. Иногда достигает значительных размеров и бывает опасен.» [36]

«Расслоение основного металла, примыкающее к сварному шву - дефект в виде трещин в плоскости листа или под небольшим углом, совпадающим с направлением проката.» [36]

«Смещение сваренных кромок - дефект в виде несовпадения сваренных кромок по высоте из-за некачественной сборки сварного соединения.» [31]

«При значительной величине относительно толщины кромок бывает опасен, т.к. уменьшает сечение сварного шва и подменяет растяжение-сжатие изгибом сварного соединения.» [31]

«Угловатость кромок сварного соединения - дефект, обусловленный наличием углового смещения сваренных встык плоских элементов (деталей), вызван некачественной сборкой сварного соединения под сварку, либо нарушением технологии сварки (при двусторонней или многослойной сварке).» [31]

«Неправильное сопряжение сварного шва - дефект в виде резкого перехода поверхности сварного шва к основному металлу. Является концентратором напряжений, часто сопутствует непровару или несплавлению кромок.» [31]

«Приемка работ после ремонта и контроль их качества включают в себя внешний осмотр. Он направлен на выявление дефектов, таких как неправильная форма, размер и состояние поверхности сварных соединений, трещины, поры, подрезы, шлаковые включения и незаваренные кратеры швов. Нормы дефектов установлены в соответствии с Правилами технической эксплуатации резервуаров, инструкциями по их ремонту и СНиП 3.03.01-87. Для выявления сквозных дефектов на сварных соединениях днища и окрайки, а также уторного шва необходимо применять вакуумные методы контроля. Если при осмотре выявляются дефекты, то они подлежат ремонту. Таким образом, при ознакомлении с данным разделом мы узнали понятие резервуарного парка и его основное назначение использования. Также, какое ёмкостное оборудование является наиболее распространенным, а именно стальные резервуары различной вместимости. В соответствии с какими требованиями производится проектирование резервуарных парков.» [31]

Установили классификацию дефектов стальных конструкций резервуара.

Для наиболее полного изучения представим общие сведения о РВС.

1.2 Общие данные о рассматриваемом объекте

Рассматриваемое инженерно-техническое сооружение – резервуар нефти вертикальный стальной емкостью 5000м³ (далее РВС-5000).

Внешний вид резервуара представлен на рисунке 1.

Стальной каркас реконструируемого резервуара состоит из:

- стальной стенки;
- стальной крыши;
- стальной окрайки и днища;
- стальной винтовой лестницы;
- стальных площадок обслуживания;
- стальных ограждений на крыше;
- стальных люков-лазов и патрубков обслуживания;
- противопожарного оборудования и технологических систем.»



Рисунок 1 – Резервуар вертикальный стальной РВС-5000 [20]

Расчётно-конструктивный чертеж резервуара 5000 м³ представлен на рисунке 2.

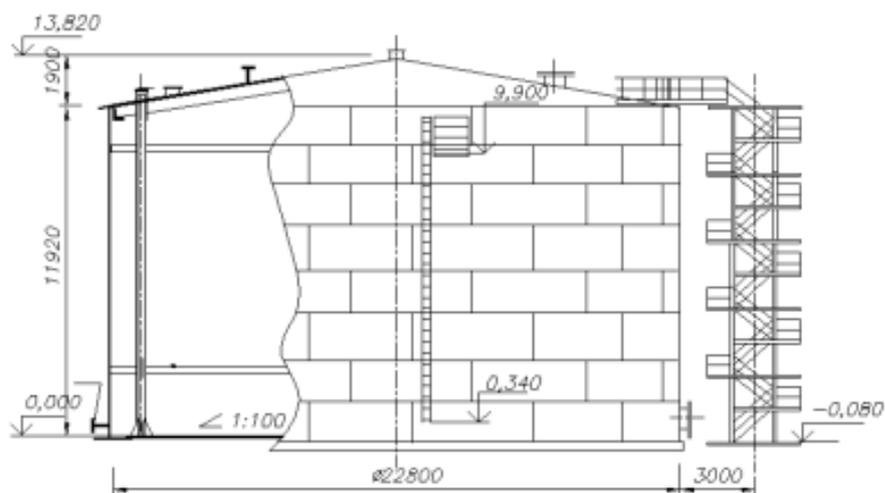


Рисунок 2 – Расчётно-конструктивный чертеж резервуара 5000 м³

Рассмотрим вариации свойств резервуара, которые подробно отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Технологические характеристики РВС-5000

Параметры резервуара РВС-5000	Ед изм.	Значение:	Значение:
Габаритные размеры РВС-5000	-	-	-
Объем	м ³	5 000	-
Диаметр	мм	22 800	20 920
Высота	мм	12 000	15 000
Количество рулонов (при методе рулонирования)	рулон	3	-
Стенка резервуара РВС-5000	-	-	-
Масса стенки	кг	54 100	64 420
Количество поясов стенки	пояс	8	10
Толщина верхнего пояса стенки	мм	7	6
Толщина нижнего пояса стенки	мм	9	11
Крыша резервуара РВС-5000	-	-	-
Масса крыши	кг	33 947	26 201

Продолжение таблицы 1

Толщина настила крыши	мм	5	-
Днище резервуара РВС-5000	-	-	-
Масса днища	кг	18 975	17 732
Толщина днища: центральной части/окраек	мм	5/8	5/10
Масса прочих конструкций резервуара РВС-5000	-	-	-
Лестница	кг	1 190	1 480
Площадки на крыше	кг	3 324	3 051
Люки и патрубки	кг	2 297	2 182
Комплекующие конструкции	кг	1 795	1 702
Каркасы и упаковка	кг	7 800	10 800
Общая масса резервуара РВС-5000	кг	123 428	127 568

Для достижения удовлетворительного состояния резервуара РВС-5000 необходимо выполнить следующие мероприятия, основываясь на предоставленных данных:

- ликвидировать повреждения элементов фундаментных стальных и железобетонных конструкций резервуара (локальные разрушения железобетонного кольцевого фундамента);
- провести капитальный ремонт площадок обслуживания пожарных извещателей, люков-лазов, кольцевой площадки обслуживания резервуара, смонтировать площадки для доступности к люку замерному;
- для обеспечения требуемой жесткости и прочности стальной стенки резервуара в условиях ветровых и сейсмических воздействий необходимо произвести ремонт с помощью сварки промежуточных колец жесткости.

Также следует провести ремонт сооружения в составе работ:

- для уменьшения потерь нефти от испарения была проведена реконструкция резервуара, в рамках которой было установлено устройство алюминиевого понтона "Альпон".
- комплекс мер, повышающие противопожарное состояние на объекте (сварка элементов орошения и подслоного пожаротушения, системы пожаротушения пеной средней кратности).

Выводы по разделу.

Проанализировав существующие методы ремонта резервуаров и особенности площадочных объектов АО «Транснефть-Сибирь», делаем вывод, что используемые методы ремонта резервуаров устарели. В отдельных этапах реконструкции стоит изменить порядок действий, внедрить новые. Для того чтобы внедрять новые мероприятия с целью восстановления технического состояния РВС в удовлетворительное, работоспособное состояние нужно обязательно изучить и учесть существующие нормы безопасности.

2 Реконструирование объекта со следованием правил безопасности

2.1 Реконструирование объекта резервуара с целью снижения количества расхода нефти от испарения с применением BIM модели

«Эффективное средство борьбы с потерями от испарения — это снижение газового объема. Оно активно используется в различных типах резервуаров, таких как РВСП с плавающими крышами, понтонами или экранами, РВС с плоскими крышами, также при длительном хранении на водных подушках или в контакте с раствором в подземных хранилищах.» [31]

С помощью понтонов можно значительно сократить потери нефти и легкоиспаряющихся нефтепродуктов, связанные с «малыми и большими дыханиями» и «обратным выдохом» резервуара. Понтон – это эффективное средство для этого.

Для начала рассмотрим основные виды понтонов, а также их преимущества и недостатки характеристик в таблице 2.

Таблица 2 – Основные виды понтонов, их преимущества и недостатки

Тип ПП	Преимущества	Недостатки
Понтон		
Высокая эффективность в сокращении потерь, простота конструкции, пониженная пожароопасность		Повышенная стоимость и трудоемкость монтажа
Стальные	Универсальность, высокая прочность, несущая способность, негорючесть	Высокая масса, недостаточная остойчивость и непотопляемость при попадании продукта на понтон, жесткость, корродирует в сернистых соединениях, в действующие резервуары монтируют через проемы в кровле или стенке, значительное ограничение вместимости, ремонт и восстановление плавучести длительны и дороги

Продолжение таблицы 2

Тип ПП	Преимущества	Недостатки
Алюминиевые	Невысокая масса, незначительные ограничения вместимости резервуара, возможно автоматическое удаление продукта с поверхности покрытия при постоянном уровне разлива.	Коррозионная стойкость определяется влажностью среды и характеристиками продукта, жесткость, высокая стоимость изготовления
Комбинированные	Низкая масса, возможность монтажа в резервуаре через существующие люки $0 < 0,5$ м, незначительное ограничение вместимости резервуара	Низкий рабочий диапазон температур и перечень хранимых продуктов, высокая стоимость
Неметаллические		Низкий рабочий диапазон температур и перечень хранимых продуктов, старение материала, насыщаемость продуктом, горючесть, хрупкость, высокая жесткость.
Экраны		
	Возможность автоматического удаления продукта с настила при постоянном уровне разлива, легкость ремонта и восстановления плавучести, незначительное ограничение вместимости, возможность монтажа в резервуары через люки $0 < 0,5$ м.	Более низкая эффективность в сокращении потерь от испарения, прочность и жесткость в резервуарах большого диаметра недостаточна.
Стальные	Возможность изготовления на имеющихся мощностях заводов РМК	Высокая масса, высокая жесткость.
Алюминиевые	Легкость и быстрота монтажа, низкая масса	Коррозионная стойкость определяется влажностью среды и характеристиками, высокая стоимость изготовления

Проведем сравнительный анализ различных конструктивов понтонов с выбором наиболее подходящего варианта.

На рисунке 3 показаны варианты анализа разных типов внутренних плавающих конструкций, предлагаемый на основе изучения научных литературных источников [77].

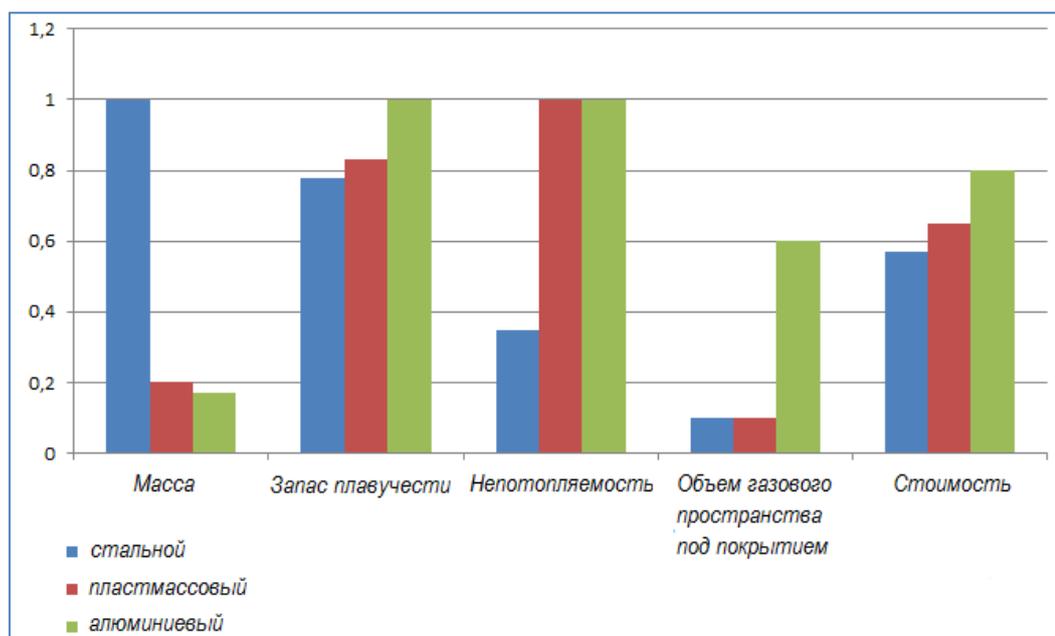


Рисунок 3 – Сравнительная характеристика разных конструкций плавающих покрытий

Главные характеристики понтона – это показатели плавучести и непотопляемости понтона.

Классификация видов понтонов с учетом характеристик плавучести, устойчивости понтона, непотопляемости понтона, для РВС типа «плоская крыша» схематично представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Классификация понтонов в зависимости от конструктивной характеристики РВС

Наименование параметров	Характеристика
Типы резервуаров и их характерные особенности	Вертикальный цилиндрический стальной резервуар для нефти и нефтепродуктов объемом от 400м ³ до 50 000 м ³
Внутреннее оснащение резервуара и их конфигурация	Совместимость обеспечивается индивидуальной привязкой понтона по опросному листу
Наименование хранимого продукта	Нефть, нефтепродукты, растворители, ароматические углеводороды
Кислотность продукта рН	рН = 5-9
Температура хранящегося продукта °С	– 20°С...+ 70°С
Расстояние от днища резервуара до нижнего элемента конструкции понтона, установленного на опорные стойки	1450 - 1900 мм

Продолжение таблицы 3

Наименование параметров	Характеристика
Максимальный расход откачки продукта	Зависит от количества установленных вакуумпрерывателей. Один вакуумпрерыватель на 1500 м ³ /час
Запас плавучести понтона при минимальном значении плотности продукта	Не менее 100% массы понтона
Эффективность понтона	Зависит от конкретных условий эксплуатации. При положении понтона «на плаву» и температуре более 0°С коэффициент эффективности по снижению выбросов в атмосферу составляет величину (98÷99,5)%
Содержание паров продукта на понтонном пространстве при работе понтона на плаву	Менее 50% от НВП углеводородов
Гарантийный срок	3 года
Съем статического напряжения (электричества)	Все токопроводящие части понтона электрически взаимосвязаны и соединены не менее чем 2-мя гибкими нержавеющей тросами с внешней конструкцией
Соответствие нормативным документам Госгортехнадзора РФ	Проектирование, изготовление и инспекция понтонов АПП-1 соответствуют требованиям нормативных документов Федеральной Службы по экологическому, технологическому и атомному надзору и подтверждено согласованием «Технических условий» на понтон АПП-1 и выдачей им соответствующего разрешения на выпуск и применения понтона типа АПП-1

Самым высоким коэффициентом непотопляемости обладают понтоны из вспененных полимеров, в то время как самым высшим коэффициентом значения плавучести обладают алюминиевые понтоны, согласно рассмотренным данным. Но следует отметить, что долговечность алюминиевых понтонов превышает долговечность пенополиуретановых понтонов. Алюминиевые понтоны могут прослужить около 30 лет, тогда как вспененные полимеры требуют первого капитального ремонта. Это связано с тем, что понтоны из вспененных полимеров насыщаются, что затрудняет проведение огневых работ при ремонте.

«Наша цель - установить алюминиевый понтон типа "АЛЬПОН". Он

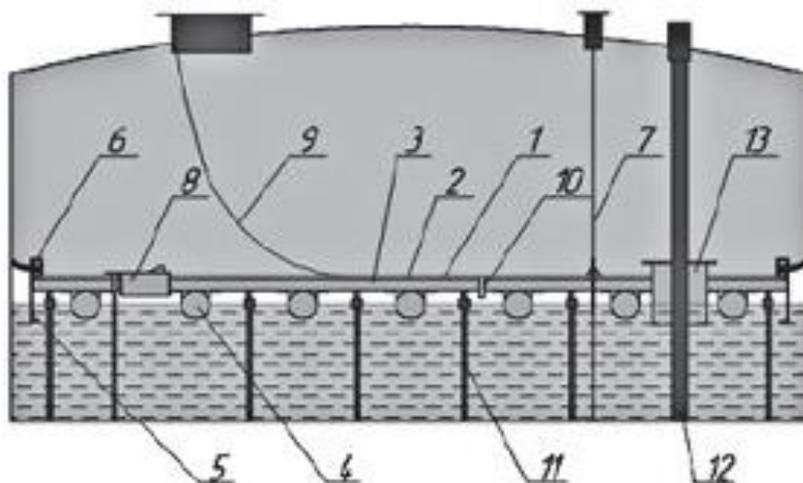
состоит из тонкостенного диска, который имеет диаметр на 400 мм меньше диаметра резервуара, и цилиндрических поплавков, которые плавают на поверхности жидкости. Поплавки частично погружаются в жидкость, только на 50% своего диаметра. Это приводит к образованию свободного пространства между поверхностью жидкости и понтом. В этом пространстве накапливаются пары хранимой жидкости.» [53]

«Для борьбы с испарением газового пространства используется различные методы, в том числе сокращение объема. В зависимости от условий и требований, этот метод может быть реализован с помощью плавающих крыш, экранов или понтонов, хранения на водяных подушках или в контакте с рассолом в подземных соляных куполах. Наш выбор пал на понтон типа «АЛЬПОН», который был установлен в нашем резервуаре.

«Понтоны, считающиеся наиболее надежными и практически непотопляемыми, используют в конструкции самые стойкие к коррозии сплавы алюминия. Эти понтоны оснащены необходимым оборудованием для эксплуатации, включая один или два люка-лаза (в соответствии с ГОСТ 31385-2008), которые выполняют также роль дыхательного клапана при откачке продукта ниже фиксированного положения понтона. Для уплотнения зазора между понтоном и стенкой резервуара используется затвор мягкого типа ЗМП (или полужесткого типа ПЗП).» [53]

«Для размещения КИП и отбора проб необходимо установить на понтоне кожухи, которые помогут перемещать его вдоль вертикальных направляющих. Для предотвращения поворота понтона под воздействием струй нефтепродукта, на нем устанавливаются два противоповоротных устройства. Чтобы снять статическое напряжение, на понтоне установлена система заземления, состоящая из токопроводящих кабелей, связывающих его с кровлей резервуара. Для удаления жидкости с поверхности понтона используются дренажные устройства.» [53]

Изучим более подробно конструктивные особенности понтона «Альпон», показанные на рисунке 4.



1. Настил. 2. Верхняя балка. 3. Нижняя балка. 4. Поплавок. 5. Периферийная юбка. 6. Периферийный затвор. 7. Противоповоротное устройство. 8. Люк-лаз. 9. Кабель заземления. 10. Дренажное устройство. 11. Стационарная опора. 12. Направляющая резервуара. 13. Затвор направляющей.

Рисунок 4 – Конструкция понтона «Альпон»

«Благодаря сокращению потерь от испарения на 98%, приобретение алюминиевого понтона "Альпон" окупается быстро, что является экономически целесообразным. Понтоны обладают конкурентными преимуществами: отсутствие затрат на эксплуатацию и ремонт, четко определенные сроки монтажа независимо от климатических условий и времени года, а также легкость монтажа без использования дополнительных механизмов и конструкций. Детали понтона загружаются в готовый резервуар через люк-лаз первого пояса.»

Понтоны не требуют антикоррозионной защиты.

Было установлено в данном разделе, что метод борьбы с потерями от испарения, заключающийся в уменьшении газового пространства, является действительно эффективным.

Дали расшифровку понятию понтоны, сравнили преимущества и недостатки понтонов, с выбором наилучшего варианта для дальнейшей работы. Проведенный анализ показал, что понтоны из вспененных полимеров наиболее устойчивы к потоплению, в то время как алюминиевый понтон

является наиболее долговечным и имеет самый высокий запас плавучести (его срок службы составляет 30 лет).

При осуществлении любого вида работ важно учитывать и соблюдать правила охраны труда, электробезопасности, требования экологической безопасности и меры противопожарной безопасности. Далее рассмотрим существующие меры соблюдения противопожарной безопасности при реконструкции резервуара.

Осуществить всё эти мероприятия поможет осуществление применения BIM моделирования.

Building Information Modeling (BIM) — информационное моделирование здания. Новейший подход к жизненному циклу возводимых объектов. Характерная черта BIM технологии заключается в том, что вся информация о постройке: экономическая, технологическая, архитектурная и прочая рассматривается как единый организм. 3D - модель объекта связывается с базой данных и изменение любого активного параметра влечёт за собой соответствующее изменение остальных.

Идея технологии информационного моделирования впервые была сформирована в 1975 году профессором Технологического института Джорджии Чаком Истманом. Компьютеры того времени не позволяли в полной мере использовать нововведение, поэтому расцвет информационного моделирования пришёлся на XXI век.

Главное преимущество использования такого рода технологий — управление и контроль за всеми строительными процессами в режиме реального времени. Как следствие, возможность принимать грамотные и своевременные решения на всех стадиях проектирования и возведения.

Внедрение стоит средств, но быстро окупается — в долгосрочной перспективе информационное моделирование уменьшает совокупные затраты на 20 - 30 процентов за счёт точного анализа поступающих данных. Алгоритмы проектирования помогают предсказать возможные варианты создания объекта и выбрать наиболее рациональный.

Экономия времени не менее важна, чем экономия денег, поэтому приятным бонусом станут общие базы подрядчиков и текущих документов. Меньше бумажной волокиты, больше централизации.

Работа по внедрению технологии информационного моделирования ведётся на уровне государства. Правительство РФ уже вводит квоты на проекты с использованием BIM технологии по госзаказу. Подготавливаются корректировки и дополнения к соответствующим законодательным актам.

Строительная отрасль отличается консерватизмом. Но использование технологий информационного моделирования — вопрос не престижа или новаторства, а будущего успеха компании. Внедрение Building Information Modeling в бизнес станет ключевым преимуществом и поможет идти в ногу со временем.

Все этапы по созданию трёхмерной модели имеют определенную последовательность. Первый этап подразумевает проектирование первичных элементов, создаваемых вне строительной зоны – двери, окна, отопительная система и т. д. BIM моделирование на втором этапе включает все процессы, происходящие на строительной площадке – заливка фундамента, возведение стен и крыши и т. д.

Деление на данные этапы условно. В случае, если определённые элементы не подходят, их можно приобрести у других производителей. При BIM моделировании замена одних деталей на другие автоматически отображается в документации, а также на внешнем виде сооружения.

2.2 Реконструирование объекта с целью следования противопожарного состояния с применением BIM модели

«Существует несколько факторов, которые влияют на вероятность возникновения пожара в технологическом процессе. Одним из главных является характеристики веществ, которые используются, а также их количество. Кроме того, важно учитывать возможность образования горючих

концентраций на территории резервуарного парка и в резервуарах, а также возможность повреждения коммуникаций и резервуаров. Также необходимо учитывать возможность появления источников зажигания и пути распространения пожара. Если рассматривать внутренние концентрации технологического оборудования, то они могут возникать при определенных условиях.

При выполнении работы необходимо учитывать, что жидкость должна иметь рабочую температуру, которая находится между нижним и верхним пределами воспламенения. Кроме того, необходимым стоит учесть коэффициент безопасности $\Delta t = 10^\circ\text{C}$. Важное также, что в этом пространстве находиться пар и воздух.» [17]

$$t_{\text{нТП}} - \Delta t < t_p < t_{\text{вТП}} + \Delta t; \quad (1)$$

где $t_{\text{нТП}}$, $t_{\text{вТП}}$ – нижний и верхний температурные пределы воспламенения;
 t_h – рабочая температура жидкости.

«Возможны различные источники зажигания, включая тепловые проявления электрического тока, искры от электрогазосварочных работ, разряды атмосферного электричества, неосторожное обращение с огнем и другие.» [17]

«При проведении электрогазосварочных работ может возникнуть пожар отложений различных горючих материалов, а также возможен взрыв образовавшихся горючих концентраций.» [18]

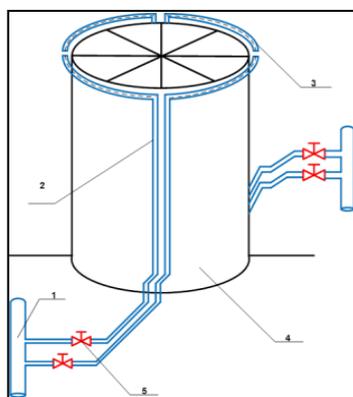
«В резервуарном парке могут возникать тепловые проявления электрического тока из-за большого количества устройств, потребляющих электрическую энергию, таких как электродвигатели, электродвигатели и различные приборы производственной автоматики.» [20]

«Перегрузка силовых электрических сетей является особой опасностью, которую могут вызвать увеличение нагрузки на электродвигатели, засорение электродвигателей, а также неисправности электросистемы и

электрооборудования.» [22]

«В стационарной установке охлаждения резервуара имеется кольцо орошения с устройством для распределения воды (перфорации) и сухой стояк, который соответствует данному кольцу. Это кольцо орошения является горизонтальным. [25] В верхнем поясе стенок резервуара расположено кольцо орошения, которое поделено на четыре равные части. Диаметр внутреннего кольца составляет 80 мм, а в отверстиях - 5 мм. Они расположены под углом к стенке резервуара, а расстояние между ними составляет 320 мм.» [24]

«Для создания кольца орошения и сухих стояков диаметром 80 мм используются стальные электросварные трубы сталь-3, 89/3 ГОСТ 3262. Горизонтальный водопровод соединяет их между собой. Он проложен под землей на глубине 1,5 м и подключен к наружному противопожарному водопроводу резервуарного парка через задвижку с ручным приводом. Это обеспечивает подачу воды при пожаре. Конструктивные элементы установки охлаждения показаны на рисунке 5. Каждый сухой стояк соответствует своей четверти кольца орошения.»



1. Противопожарный водопровод; 2. Стояк ($d_{СТ} = 80$ мм); 3. Кольцо орошения ($d_K = 80$ мм) с орошающими отверстиями ($d_{ОТВ} = 5$ мм); 4. Резервуар; 5. Ручная задвижка (РУ).

Рисунок 5 – Конструкционные детали установки орошения резервуара

Схема трубопровода послыюного пожаротушения резервуара представлена на рисунке 6.

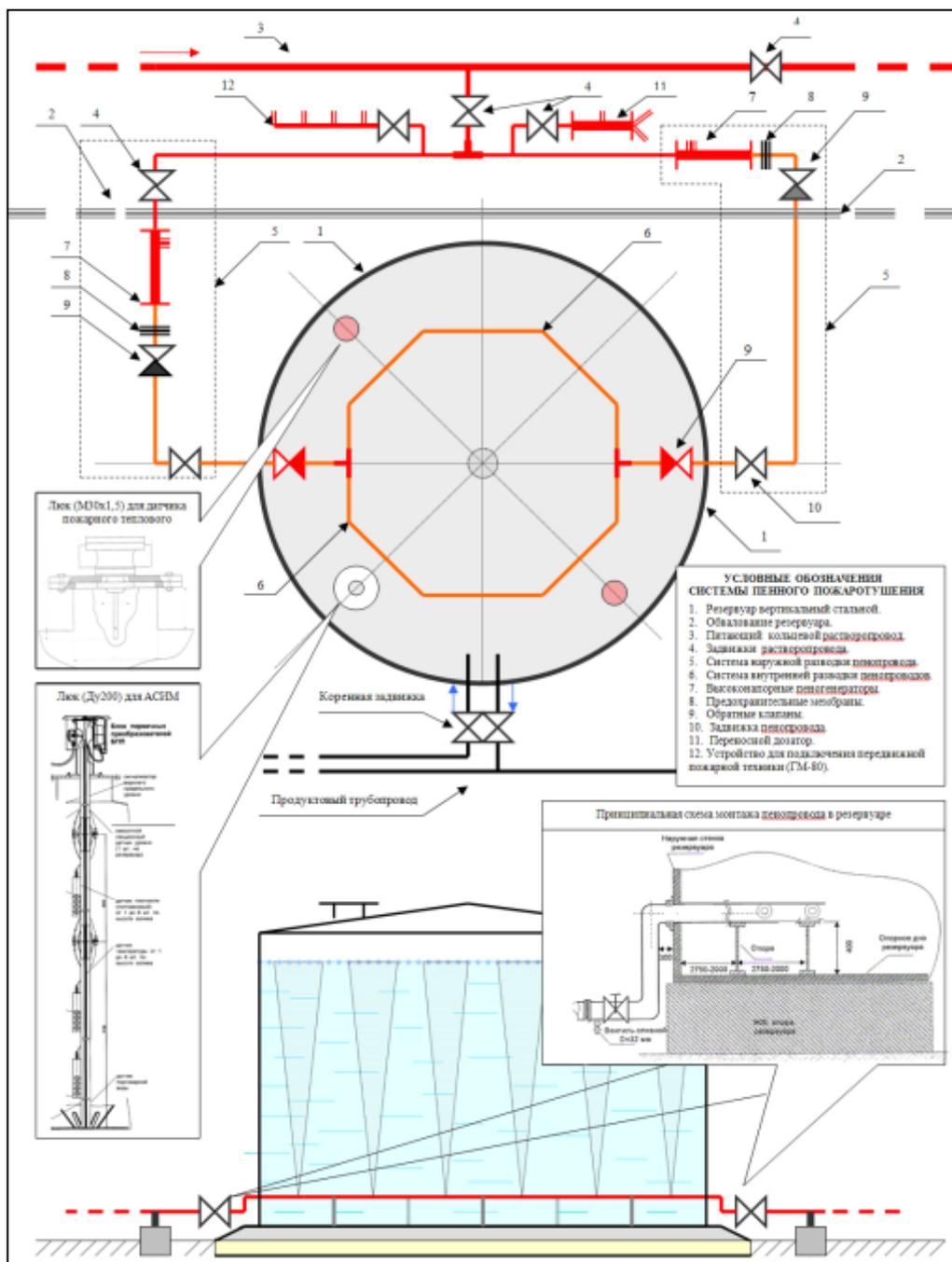


Рисунок 6 – Схема трубопровода послойного тушения резервуара

«Система подслоного пожаротушения резервуара функционирует по следующему алгоритму: сначала термочувствительный кабель устанавливают вдоль верхнего пояса РВС, и когда он обнаруживает пожар, то СППР получает сигнал. Вместе с этим, термоизвещатели отправляют сигнал в пожарное депо, чтобы машины прибыли на место. Для получения раствора пенообразователя можно использовать пожарную машину или бак-дозатор, при этом баки-дозаторы действуют быстрее. Подключение пожарных машин осуществляется

с помощью гидрантов и пожарных рукавов. Также, электроприводные задвижки открываются дистанционно на сети трубопровода, расположенной у стенки резервуара.»

«Для подключения пожарных рукавов используются напорные узлы с высоконапорными генераторами. Раствор пенообразователя подается в пеногенераторы через отсекающие задвижки, которые открываются вручную. В случае пожара система автоматики запускает подачу воды в бак-дозатор. Это приводит к увеличению давления в баке-дозаторе и сдавливанию эластичной емкости, из которой вытесняется пенообразователь и поступает в смеситель-дозатор. В то же время в смеситель-дозатор поступает вода. Под давлением раствор пенообразователя поступает на пеногенераторы из смесителя-дозатора.» [53]

«Принимаем пенообразователь «Orchidex AFFF F», выпускаемый компанией ORCHIDÉE GERMANY GmbH в соответствии с техническим описанием №003-2006. При срабатывании системы пенной пожарной защиты (СППР) мембрана разрывается под действием давления пены, что открывает проход в резервуаре для пены. Затем, пена распределяется по внутренней разводке и образует на поверхности продукта в резервуаре негорючую и воздухонепроницаемую пленку. При работе СППР зона воспламенения локализуется по направлению от краев к центру. Время, которое требуется для прохождения пены от пеногенератора до поверхности продукта в резервуаре, составляет от 40 до 60 секунд.» [53]

«Пенообразователь «Orchidex AFFF F», который относится к синтетическим фторсодержащим пенообразователям целевого назначения по классификации ГОСТ 50588-93, обладает сертификатом пожарной безопасности и санитарно-эпидемиологическим заключением. Его температура застывания не выше -5°C , но может быть выпущен с дополнительными температурами застывания, такими как: -10°C , -15°C , -20°C , -25°C , -30°C , -35°C , -40°C , -45°C .» [23]

Пенообразователь - это малоопасное вещество 4 класса опасности по ГОСТ 12.1.007-76. Оно относится к трудно горючим жидкостям, которые не способны к самостоятельному горению. В открытом тигле температура вспышки отсутствует, а до температуры кипения не наблюдается температуры самовоспламенения. Рабочие растворы пенообразователя являются пожаровзрывобезопасными.

Пенообразователь, степень биоразложения которого не менее 80%, является биологически разлагаемым продуктом. ПДК данного вещества в воде водных объектов хозяйственного культурно-бытового назначения равен 0,5 мг×дм-3.

Для хранения пенообразователя лучше всего использовать оригинальную тару производителя, баки-дозаторы или емкости, изготовленные из нержавеющей стали или соответствующих полимерных материалов. Важно закрыть выбранную емкость. Рабочий раствор пенообразователя не вызывает большей коррозии стали, чем вода, которую используют. Пенообразователь нацелен на применение в объектах, где нужно использование пен разной кратности. Например, для тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах (с применением пены низкой или средней кратности) или в продуктовых насосных станциях (с применением пены низкой, средней или высокой кратности).

Для обеспечения подачи пожарного расхода системы автоматического пожаротушения в 10 л/с с напором воды в 50 м вод. ст., необходимо установить повысительную насосную установку. Напор насосов должен составлять 10 м вод. ст., учитывая гарантийный напор в наружной водопроводной сети в 40 м вод. ст. Для этой цели мы принимаем насосный агрегат CR 15-4 с подачей 15 л/с при напоре 30 м вод. ст., N = 4 кВт, КПД 82%. Кроме того, мы принимаем два агрегата: один рабочий и один - резервный. Необходимо выбрать объем бака для мокрого хранения пенообразователя.

Для получения стойкой воздушно-механической пены необходимо ввести не менее 2,85 объема газа на один объем жидкости. Однако чистые

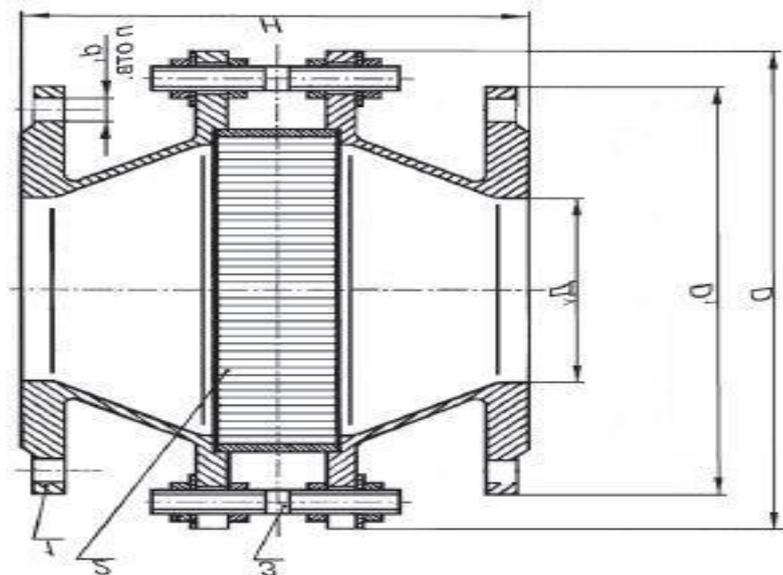
жидкости не могут создавать такую пену, так как она быстро разрушается из-за силы поверхностного натяжения. Для увеличения устойчивости пузырьков пены необходимо уменьшить силу поверхностного натяжения жидкости. Это можно достичь, введя в жидкость поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые имеют меньшее поверхностное натяжение, чем жидкость, используемая для создания пены. Когда пузырек пены образуется, начинает выделяться жидкость, что приводит к быстрому разрушению пузырька.

Для увеличения устойчивости пузырьков в жидкости, которая способствует образованию пены, используют стабилизаторы пены, такие как органические соединения, щелочные мыла и клей, а также некоторые минеральные вещества. Марки ПО-1, ПО-1А, ПО-1Д и ПО-6 также относятся к этой группе пенообразователей. Однако, воздушно-механическая пена, полученная из этих растворов, не может тушить пламя полярных горючих жидкостей, таких как спирты, ацетон, органические кислоты и другие. Чтобы тушить такие жидкости, необходимо добавлять пленкообразующие вещества, например, альгинат натрия, в указанные растворы. Когда первые порции пены попадают на горящую поверхность, они формируют пленку, на которую последующие порции пены могут наслаиваться.

Для эффективного тушения полярных жидкостей, таких как спирты, этанол, ацетон, гидразин, его производные и другие, используют пенообразователь марки ПО-1С, приготовленный из рафинированного алкиларилсульфоната с длинной цепью. Оптимальная концентрация пасты в растворе составляет 10... 12%. Расход воды в системе составляет 10 л/с, а объем бака для хранения пенообразования рассчитывается из расчета 10-минутной продолжительности работы системы пенного пожаротушения. Если концентрация пенообразователя равна 10%, то его секундный расход составит 1,0 л/с. Объем пенообразователя, необходимый для 10-минутной работы системы, будет равен $0,6 \text{ м}^3$, что получено из расчета $W=1,0 \text{ л} \cdot (-1) \cdot 600 \text{ с}=60 \text{ л}$.

Для хранения запасного объема пенообразователя по правилам необходимо иметь 100% запаса на объекте в готовом к применению виде и еще 100% резерв на складе. Это возможно хранить в одном баке на объекте. Объем емкости для хранения рабочего и резервного объема пеногенератора будет равен $W = 0,6 \times 2 = 1,2 \times \text{м}^3$, поэтому можно использовать один бак объемом $1,2 \times \text{м}^3$. Для защиты резервуара можно использовать различные огнеградители, установленные на дыхательных аппаратах резервуаров.

Для нашего случая подходят огнеградители кассетные, конструктив которых можно увидеть на рисунке 7. Мы провели расчеты кассетного огнеградителя по методу Я.Б. Зельдовича, который доказал, что для трубок малого диаметра на пределе распространения пламени число Пекле остается постоянным. Когда пламя гасится, значение числа Пекле колеблется в диапазоне от 60 до 80 и практически не меняется для всех воспламеняющихся смесей и огнетушащих насадок при изменении условий проведения испытания.[20]



1 - корпус, состоящий из двух половинок; 2 - огнепреграждающий элемент (кассета); 3 - четыре соединительных шпильки.

Рисунок 7 – Кассетный огнепреградитель

«Для защиты дыхательных клапанов резервуара с бензином от проникновения пламени внутрь резервуара требуется огнепреградитель с

диаметром отверстий в кассетах не более 0,0049 м. Расчет показал, что выбранный огнепреградитель с диаметром отверстий в кассетах 0,003 м удовлетворяет требованиям безопасности. Технологическая карта разработана для выполнения ремонтных работ по устранению повреждений элементов фундаментных конструкций (ж.б. кольцо) резервуара для хранения нефти емкостью 5000 м³.» [53]

Рисунок 8 отображает разрушение элементов фундамента, которое рассматривается в данной технологической карте.

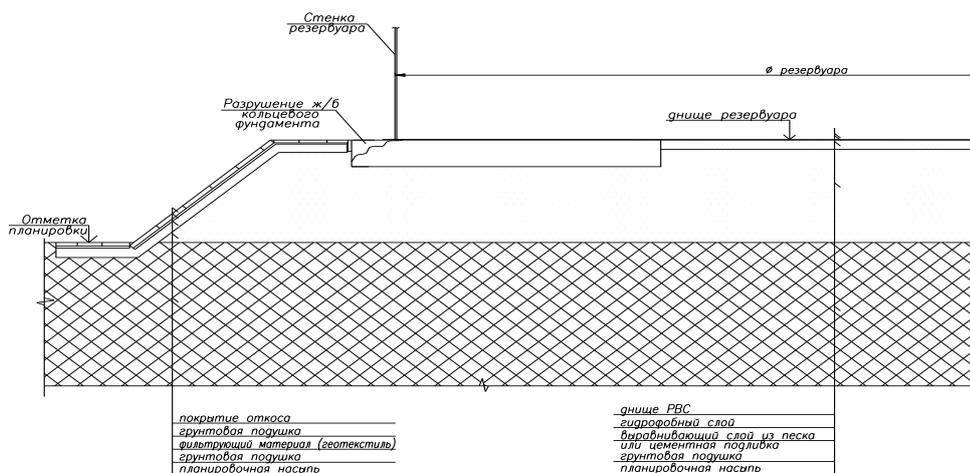


Рисунок 8 – Разрушение ж/б кольцевого фундамента

Разрушение ж/б кольцевого фундамента приводит к снижению несущей способности всего сооружения и может служить причиной аварий и инцидентов.

Выводы по разделу.

В данном разделе были рассмотрены основные вопросы, связанные с нормами безопасности для реконструкции резервуара. Используя приведенные расчеты по снижению числа испарения нефти, а также известные нам меры соблюдения противопожарной безопасности можем говорить о непосредственном совершенствовании мер безопасности и внедрении новых методов ремонта резервуаров на площадочных объектах АО «Транснефть-Сибирь».

Технологии BIM 2018, применяемые в строительстве, имеют ряд преимуществ:

3D визуализация позволяет наглядно продемонстрировать объект инвесторам, подрядчикам и т.д.

Использование данной технологии подразумевает минимальную затрату времени на подготовку необходимой документации.

Благодаря внедрению BIM моделирования стало возможно выявление ошибок и погрешностей еще на стадии разработки объекта, а не уже его сдачи.

Автоматизация работы строительной техники с помощью введения определенных проектных параметров в машину.

Управление всеми процессами в реальном времени и контроль за соблюдением сроков работы.

Трёхмерная визуализация. Она помогает объективнее рассматривать объект и более грамотно преподнести проект заказчику.

Хранение данных в модели. Это позволяет вносить правки в самом проекте, что сразу же отражается на важнейших частях здания. Также скорость создания документации увеличивается, а вероятность неточности сводится к нулю.

Использование BIM технологий давно стало необходимостью в сфере строительства. Штаб из высококвалифицированных специалистов и грамотный BIM менеджер помогут производить точные расчёты при планировке и создавать качественные трёхмерные модели.

Это только малая часть преимуществ внедрения данной технологии.

3 Совершенствование мер безопасности при проведении капитального ремонта стального резервуара

3.1 Совершенствование мер безопасности при производстве работ. Контроль качества. Применение BIM модели.

«Первым этапом производства ремонтных работ являются подготовительные работы. Они включают в себя несколько этапов, таких как подготовка территории в пределах границ сооружений, возведение временных сооружений, а также обеспечение стройплощадки временными инженерными коммуникациями, такими как водоснабжение, энергоснабжение, связь и сеть временных дорог. Весь этот процесс основан на технологии строительного процесса. После этого производится экспертиза состояния ж/б кольцевого фундамента для определения необходимости замены арматуры ж/б фундамента. Если замена не требуется, то на разрушенный участок ж/б кольца устанавливается опалубка и укладывается бетонная смесь. После того, как бетон затвердевает, опалубку удаляют и производят ремонт отмоксти.» [35]

Рисунки 9 и 10 демонстрируют схему выполнения работ.

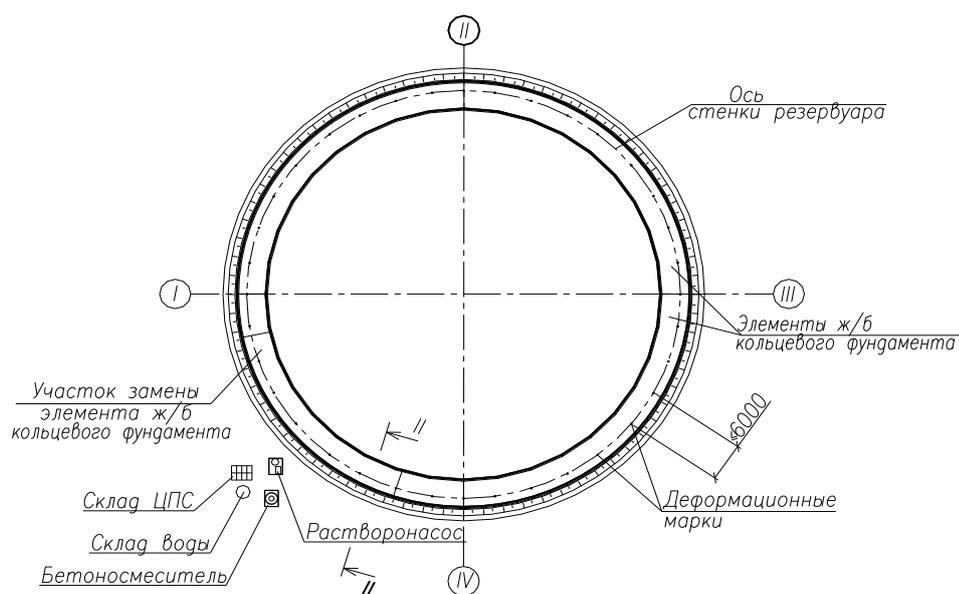


Рисунок 9 – Схема выполнения работ

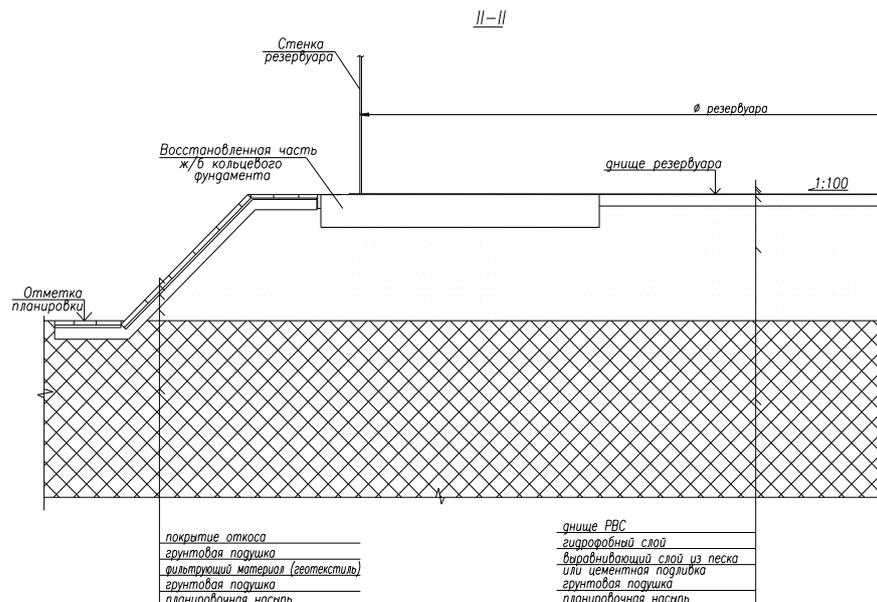


Рисунок 10 – Схема выполнения работ

Производственный контроль качества строительно-монтажных работ должен включать входной контроль изделий, материалов и оборудования, операционный контроль отдельных строительных процессов и приемочный контроль строительно-монтажных работ.

«Для подтверждения соответствия строительных материалов требованиям стандартов, нормативных документов и рабочей документации, а также наличия и содержания паспортов, сертификатов и других сопроводительных документов, необходимо проводить внешний осмотр при проверке их на входе.» [19]

Операционный контроль должен осуществляться в ходе выполнения строительных процессов и обеспечивать своевременное выявление дефектов и принятие мер по их устранению и предупреждению.

При операционном контроле следует проверять соблюдение технологии выполнения строительно-монтажных процессов; соответствие выполняемых работ рабочим чертежам, строительным нормам, правилам и стандартам. [9]

Строительное предприятие, ответственные строительного контроля заказчика и лица, осуществляющие строительство, ведут постоянный контрольные наблюдения.

Таблица 4 содержит информацию о технологических процессах и методах их контроля при разрушении ж/б кольцевого фундамента.

Таблица 4 – Технологический процесс ремонтных работ

Наименование технологических процессов, параметров и признаков, подлежащих контролю	Предмет контроля	Способ контроля и инструмент	Время проведения контроля	Ответствен. за контроль
Бетонные работы				
Приготовление б/с	Удобоукладываемость (П4)	Конус, линейка мет, кельма	В процессе приготовления б/с	Мастер, прораб
Наличие мусора, грязи и пыли на поверхности ж/б фундамента	Не допускается	Визуальный	Перед укладкой б/с	Мастер, прораб
Увлажнение поверхности ж/б фундамента	Необходимость	Визуальный	Перед укладкой б/с	Мастер, прораб
Заливка б/с на поврежденный участок ж/б фундамента	Отсутствие полостей и зазоров между ж/б фундаментом и б/с	Визуальный	В процессе работы	Мастер
Твердение б/с	Защита от атмосферных осадков, потери влаги	Визуальный	Периодически	Мастер, прораб
Контроль прочности бетона	Соответствие проекту	Пресс, склерометр	Через 28 сут.	Лаборатория

В таблицах 5, 6, 7 представлены сведения для РВС объемом 5000 м³ (при разрушении ж.б. фундамента).

Таблица 5 – Наименование и количество материалов

Наименование материала	Марка	Назначение	Ед. изм.	Объем на 1 м.п.
Сухая цементно-песчаная смесь	M-150	Бетонная смесь	м ³	0,15
Вода техническая	-	Бетонная смесь	м ³	0,03
Суперпластификатор	Sica ViscoCreate-3	Бетонная смесь	кг.	1,5
Гидрофобная добавка	Sica-1	Бетонная смесь	кг.	1,2

Таблица 6 – Перечень техники, устройств и оснастки

Наименование техники, механизмов и оснастки.	Тип, марка	Мощностная характеристика	Применение	Кол-во
Бетономешалка	БГ-751	Объем – 0,75 м ³ Масса 0,970 т.	Приготовление бетона	1
Бетонный насос	СО-52	Производительность - 7м ³ /час, Масса – 0,4 т.	Укладка бетона	1

Таблица 7 – Перечень инструмента, инвентаря и приспособлений

Наименование инвентаря и инструмента	Марка, ГОСТ, ТУ	Техническая характеристика	Назначение	Кол-во
Нивелир	10528-90*	-	Вынос высотных отметок	1
Рейка нивелирная	23543-88*	-	Вынос высотных отметок	1
Рулетка стальная	7502-98	-	Измерение деталей	1
Лопата совковая	19596-87*	-	Укладка бетона	2
Трамбовка ручная	-	-	Уплотнение слоя	1
Лом	-	-	Монтаж деталей	2
Метр складной металлический	427-75*	-	Измерение деталей	2
Каска винилпластовая	12.4.087-84	-	СИЗы	6
Строп	25573-82*	Четырехветвевой, грузоподъемностью 2 т.	Такелажные работы	1
Контейнеры для сухой ЦПС	26598-85	Емкость – 0,3 м ³	Складирование	2
Щетки	10597-87*	-	Очистка поверхности	2
Провило	Инвентарный	-	Выравнивание уложенного бетона	1
Направляющие	Инвентарные	-	Выравнивание краев проема	2
Метла	-	-	Уборка места	2

Технологическая карта разрабатывалась на монтаж кольцевых площадок обслуживания резервуара РВС-5000 (таблица 8).

Таблица 8 – Процесс выполнения этапов работ

Этап работ	Механизмы, приспособления, оснастка, СИЗы	Состав звена	Дополнительно
1. Подготовительные работы			
<p>Перед началом производства работ необходимо выполнить ряд мероприятий. В первую очередь, представитель заказчика должен провести вводный и первичный инструктаж по охране труда. Затем, следует провести вводный инструктаж по пожарной безопасности в подразделении пожарной охраны с записью в «журнале регистрации инструктажей по пожарной безопасности» с записью в согласованном наряде-допуске. После этого, необходимо оградить участок работ сигнальной лентой. Для этого можно использовать деревянные опоры или защититься за существующие сооружения. Расстояние между опорами должно быть 5-9 метров, а высота ленты - 1,2 метра. Также, перед началом работ нужно проверить наличие искрогасителей на кране и гидравлическом подъемнике. Наконец, необходимо получить наряд-допуск на работы на высоте и на выполнение огневых и газоопасных работ.</p> <p>Для проверки отсутствия взрывоопасных концентраций газа и анализа газовой среды необходимо использовать газоанализатор "Калион-1В", при условии, что концентрация паров нефтепродуктов не превышает предельно-допустимую концентрацию 300 мг/м³. Лицо, выдавшее наряд-допуск, указывает точками места, где будет проводиться контроль проб газо-воздушной среды. Анализ следует проводить перед началом работ, после перерывов и во время работ с периодичностью, указанной в наряде-допуске, но не реже, чем через 1 час, в зависимости от конкретных условий.</p> <p>Для обеспечения безопасности при проведении огневых работ требуется использовать различные первичные средства пожаротушения. К ним относятся кошму войлочную или асбестовое полотно размером 2х2 м в количестве 2 штук, не менее 2 штук ОУ-10 для сварочных работ, комплекты из 5 лопат, топоров и ломов, а также 4 комплекта пожарных рукавов со стволами. Кроме того, необходимо организовать дежурство пожарного расчета на месте производства работ во время производства работ.</p>			
<p>Опасные и вредные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Расположение рабочих мест вблизи перепада по высоте 1,3 м и более; 2. Передвигающиеся конструкции, грузы; 3. Обрушение незакрепленных элементов конструкций резервуара; 4. Падение вышерасположенных материалов, инструмента; 5. Повышенное напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; 6. Опрокидывание машин, падение их частей 			

Продолжение таблицы 8

Этап работ	Механизмы, приспособления, оснастка, СИЗы	Состав звена	Дополнительно
<p>2. Сначала необходимо зачистить сварные швы, а затем приварить накладные пластины в соответствии с разметкой на стенке резервуара. Шов Н1 на катете 5 мм должен быть на стенке, а на кровле - на катете 4.</p>	<p>Подъемник гидравлический АГП-22, рулетка 3м (1 шт.), сварочный пост (1 шт.), шлифмашинка (1 шт), каска (4 шт.), костюм х/б (1 шт.), сапоги кирзовые (4 пары), рукавицы х/б (1 пара), костюм брезентовый (2 шт.), рукавицы брезентовые (2 пары), щиток сварочный (1 шт), очки защитные (1шт.), костюм х/б ИТР (1 шт.)</p>	<p>Монтажник - 1 чел, машинист подъемника - 1 чел, сварщик - 1 чел, мастер</p>	<p>Соответственно чертежам и схемам</p>
<p>3. Для обслуживания помощи 4-х ветвевое стропа необходимо застропить площадку, поднять ее и подвести к стенке резервуара. Затем следует выполнить сварку кронштейнов крепления</p>	<p>Кран КС-45721 (1 шт.), гидравлический подъемник АГП-22 или инвентарные подмости, рулетка 3м (1 шт.), УШС-3 (1шт.), лупа 10х (1 шт.) сварочный пост (1 шт.), шлифмашинка (1 шт), каска</p>	<p>Монтажник - 1 чел, машинист подъемника - 1 чел, крановщик – 1 чел, сварщик - 1 чел, мастер</p>	
<p>2.2 Монтаж площадок обслуживания пеногенераторов</p>			
<p>площадки обслуживания к подкладным пластинам. Подвести лестницу в соответствии с проектом и застропить ее. Сварить крепления для лестницы на подкладных пластинах и присоединить лестницу к площадке обслуживания. Произвести ВИК всех сварочных швов, чтобы убедиться в их качестве – это необходимо для всех 100% швов.</p>	<p>(5 шт.), костюм х/б (2 шт.), сапоги кирзовые (4 пар), рукавицы х/б (2 пары), костюм брезентовый (2 шт.), рукавицы брезентовые (2 пары), щиток сварочный (1 шт.), очки защитные (1шт.), костюм х/б ИТР (1 шт.)</p>	<p>Монтажник - 1 чел, машинист подъемника - 1 чел, крановщик – 1 чел, сварщик - 1 чел, мастер</p>	<p>Соответственно чертежам и схемам</p>
<p>4. Монтаж второй площадки обслуживания с лестницей можно выполнить по аналогичному способу.</p>	<p>Те же.</p>	<p>Тот же.</p>	<p>Соответственно чертежам и схемам</p>

Продолжение таблицы 8

Этап работ	Механизмы, приспособления, оснастка, СИЗы	Состав звена	Дополнительно
2.3 Монтаж кронштейнов			
<p>1. После завершения сварочно-монтажных работ на стенках резервуара можно приступить к монтажу кронштейнов. Необходимо сначала разметить на стенке резервуара места для положения подкладных пластин кронштейнов. Подкладные пластинки располагать не ближе 5-ти номинальных толщин стенки от оси горизонтальных швов стенки резервуара и не ближе 10-ти номинальных толщин стенки от оси вертикальных швов стенки, от края элемента конструктивного.</p>	<p>Подъемник гидравлический АГП-22, чертилка (1 шт.), рулетка 3м.(1 шт.), каска (3 шт.), костюм х/б ИТР(1 шт.), сапоги кирзовые (2 пары), очки защитные (2 пары), костюм брезентовый (2 шт.), рукавицы брезентовые (2 пары), костюм х/б (1шт.), рукавицы х/б (1 шт.)</p>	<p>Монтажник МК - 2 чел, мастер СМР</p>	<p>Соответственно чертежам и схемам</p>
<p>2. Необходимо приварить накладные пластины, следуя разметке швом Н1 катет 6 мм. Затем нужно провести зачистку сварных швов.</p>	<p>Подъемник гидравлический АГП-23, рулетка 5м, сварочный пост, шлифмашинка, каска, костюм х/б, сапоги кирзовые, рукавицы х/б, костюм брезентовый, рукавицы брезентовые, щиток сварочный, очки защитные, костюм х/б ИТР</p>	<p>Монтажник - 1 чел, машинист АГП - 1 чел, сварщик - 1 чел, мастер СМР</p>	<p>Соответственно чертежам и схемам</p>
<p>3. Необходимо выполнить сварку кронштейнов крепления трубопроводов к подкладным пластинам Т1 на катете 5. После этого следует провести визуально-измерительный контроль 100% сварочных швов.</p>	<p>Подъемник гидравлический АГП-22, рулетка 3м (1 шт.), сварочный пост (1 шт.), шлифмашинка (1 шт), каска (4 шт.), костюм х/б (1 шт.), сапоги кирзовые (4 пары), рукавицы х/б (1 пара), костюм брезентовый (2 шт.), рукавицы брезентовые (2 пары), щиток сварочный (1 шт), очки защитные (1шт.), костюм х/б ИТР (1 шт.)</p>	<p>Монтажник - 1 чел, машинист АГП - 1 чел, сварщик - 1 чел, мастер СМР</p>	<p>Соответственно чертежам и схемам</p>

Все работы должны выполняться в соответствии с требованиями НД:

- СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Часть I. Общие требования»;
- СНиП 12-04-2002 «Безопасность труда в строительстве. Часть II. Строительное производство»;
- ПБ 03-605-03 «Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов»;
- ПБ 10-382-00 «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов».

Для обеспечения безопасного производства работ необходимо производить работы специализированными бригадами. Для выполнения работ по визуальному и измерительному контролю сварных соединений требуется соблюдать последовательность и технологию производства, определенные в технологических картах для каждого вида работ.

- Для устранения дефектов основного металла и сварных швов необходимо использовать специально разработанную технологическую карту.
- Для обеспечения безопасности на монтажной площадке, где производятся монтажные работы, требуется исключить присутствие посторонних лиц. Для уменьшения проездов через подземные коммуникации, рекомендуется применять строительные машины и механизмы на пневмоходу. Огневые работы внутри резервуара допустимы только при организации принудительной вентиляции. Чтобы обеспечить безопасность внутри резервуара, необходимо использовать искусственное освещение, такое как светильники или ручные переносные лампы с напряжением не более 12 В.
- Выполнение работ на высоте 1,3 м требует использования страховочных комбинированных поясов. При производстве работ с краном необходимо следовать правилам безопасности,

предписанным для производства работ с подъемными сооружениями для подачи сигналов машинисту грузоподъемного механизма стропальщик обязан пользоваться знаковой сигнализацией, рекомендуемой Ростехнадзором России. При обслуживании несколькими стропальщиками сигналы машинисту грузоподъемного механизма должен подавать старший стропальщик. Сигнал «Стоп» может быть подан любым работником, заметившим опасность.

- строповку или обвязку грузов следует осуществлять в соответствии со схемами строповки;
- стропальщик, может находиться возле груза во время его подъема или опускания, если груз поднят на высоту не более 1000 мм от уровня площадки;
- расстроповку монтируемых элементов конструкций, установленных в проектное положение, следует производить после их надежного закрепления;
- при ветре 6 баллов (скоростью 12,4 м/с) и более работы с участием стреловых грузоподъемных механизмов должны быть остановлены.

Для начала необходимо расположить на стенке места установки опорных ребер кольца жесткости. Рисунок 11 демонстрирует, как это должно быть сделано.

Для выполнения разметки необходимо учитывать расстояния от вертикальных и горизонтальных стенок сварных швов, а также предполагаемых швов приварки накладок опорных ребер колец жесткости. Затем, согласно рисунку 12, необходимо сварить и предварительно сваренные накладки опорных ребер кольца жесткости. В соответствии с РД-25.160.10-КТН-050-0,6, необходимо произвести сварку элементов наладок и опорных ребер к стенке после этого.

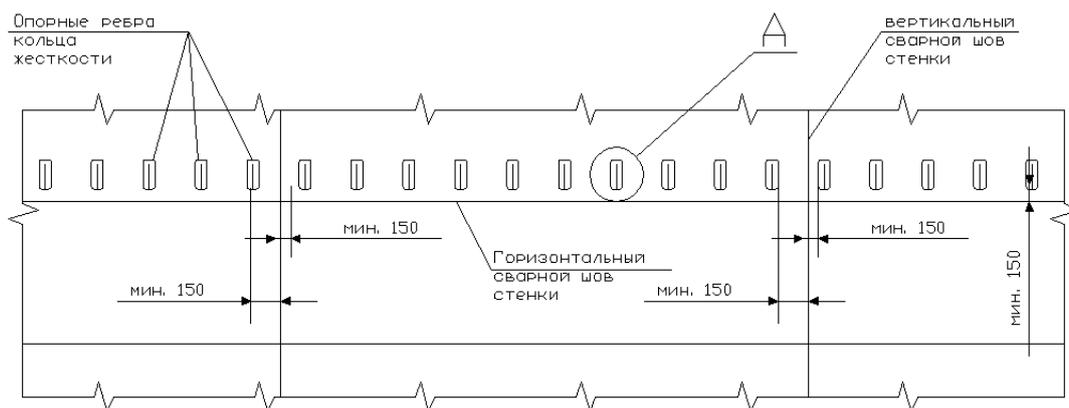


Рисунок 11 – Установка ребер жёсткости на вертикальной стенке

После чего необходимо выполнить контроль качества сварочных соединений согласно РД-25.160.10-КТН-050-2019

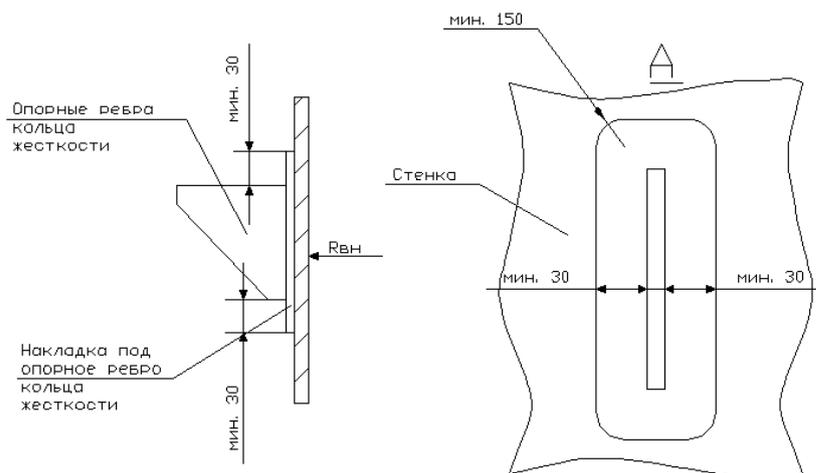


Рисунок 12 – Сварка ребер жесткости

Для выполнения проекта по ремонту необходимо сначала выполнить залив резервуара водой до уровня, указанного в данных. Затем следует установить элементы колец жесткости на прихватки к опорным ребрам, соблюдая проектные зазоры и последовательность установки. При этом необходимо избегать динамических действий на стенку РВС. Аналогично рисункам 13 и 14, детали колец жёсткости должны быть установлены так, чтобы они не касались друг друга и стенки резервуара.

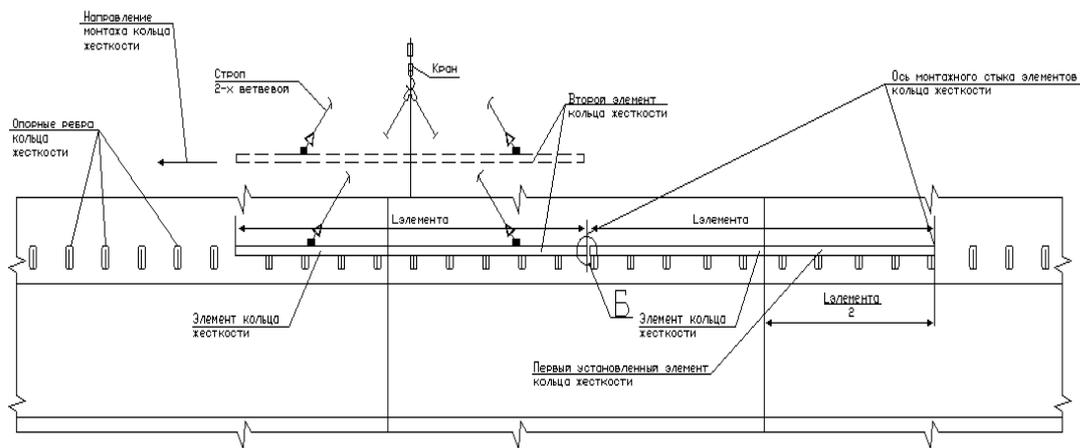


Рисунок 13 – Установка деталей пояса жесткости

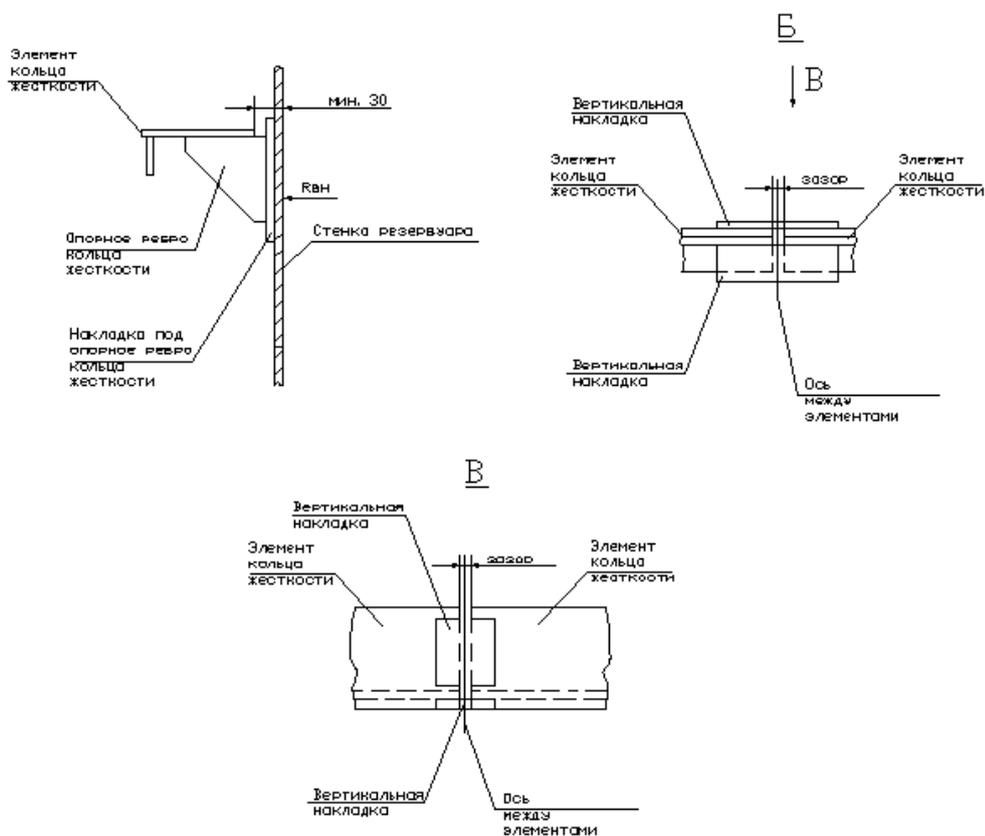


Рисунок 14 – Установка деталей пояса жесткости

Выполнить сварку деталей пояса жесткости к опорным пластинам, согласно СП 365.1325800.2017.

Перед установкой элемента кольца жесткости следует провести входной контроль по следующим параметрам: проверить наличие паспортов

(сертификатов) завода-изготовителя на элементы конструкции РВС. Затем необходимо произвести установку и сварку вертикальных и горизонтальных накладок, соединяющих элементы кольца жесткости друг с другом (рисунок 3.6, узел Б, вид В). Наконец, необходимо выполнить контроль качества сварных соединений в соответствии с СП 470.1325800.2019.

«В составе сопроводительной документации на изделия должны быть рабочие чертежи (КМД) изготовителя, протокол качества на конструкции резервуара и данные сертификатов на металл, соответствующие проектным. Также необходимо убедиться в соответствии конструктивных решений, принятых в рабочих чертежах КМД, конструктивным решениям рабочего проекта.» [71]

«Важным параметром является толщина листа и качество его поверхности, не должно быть превышения параметров вмятин, забоин, окалины и других нормативных требований. Также необходимо проверить разделку кромок под сварку и комплектность поставки, соответствующую отправочным ведомостям.» [71]

В процессе монтажа и сварки ремонтных марок необходимо провести пооперационный контроль по следующим составляющим: разрезка кромок изделия под сварку, толщина зазоров в собираемых кромках, смещение кромок в соединениях после монтажа, визуально-измерительный контроль сварных швов, контроль проникающими веществами (ПВК) в местах демонтажа монтажных приспособлений. После завершения всех этапов работ производится окончательный контроль восстановленных конструкций резервуара до производства работ, во время работ и после завершения гидравлических испытаний стального резервуара.

В процессе контроля следует обращать внимание на качество кромок листа, ширину и длину детали, а также на округлённость по длине и ширине. Отсутствие смещений, выбоин, неровностей и завалов, превышающих 0,5-1,5 мм, будет учитываться годными к сварке.

Перечень инструментов приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень инструментов

Наименование	Единицы измерения	Количество
Кран автомобильный	шт.	1
Автомобиль грузовой	шт.	1
Автогидроподъёмник	шт.	1
Комплект для сварки (сварочный полуавтомат, подающий механизм, горелка, пост ручной дуговой сварки и т. д.)	компл.	1
УШМ	шт.	2
Щетка стальная	шт.	2
Слесарный инструмент	компл.	2
Шаблон сварщика УШС	шт.	2
Контактный термометр	шт.	2
Шаблоны	компл.	1
Оборудование для контроля сварных соединений и мест приварки приспособлений	компл.	1

Подбор крана.

Фактическая грузоподъемность крана (Q_{ϕ}) должна быть больше или равна допустимой ($Q_{\text{доп}}$) и определяется по формуле:

$$Q_{\phi} = P_{\text{гр}} + P_{\text{зах.пр}} + P_{\text{нав.пр}} + P_{\text{ус.пр}} \geq Q_{\text{доп}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{гр}}$ – масса поднимаемого груза;

$P_{\text{зах.пр}}$ – масса грузозахватного приспособления;

$P_{\text{нав.пр}}$ – масса навесных монтажных приспособлений;

$P_{\text{ус.пр}}$ – масса усиления поднимаемого элемента в процессе монтажа.

Для монтажа конструкций используется канатный четырехветвевой строп 4СК1-3,2.

$$Q_{\phi} = 1,0 + 0,00645 + 0,008 = 1,1 \text{ т.} \quad (3)$$

Продольная привязка крана к оси L , (м), вычислена по формуле:

$$L = a + Б + 0,5 \cdot К, \quad (4)$$

где a - расстояние до выступающей части резервуара, м;

$Б$ - минимальное расстояние от крана до резервуара, м;

$К$ - база крана, м;

$$L = 1,6 + 2,0 + 0,5 \cdot 7,5 = 7,3 \text{ м.}$$

Выбираем кран КС-2577 Б.

Технические характеристики:

- базовое шасси УРАЛ-4333672;
- габаритные размеры 10200x2440x3300 мм;
- максимальная грузоподъемность 8,0 т;
- длина стрелы 9,4-15,6 м;
- привод рабочих операций гидравлический;
- масса крана 10,6 т;
- радиус поворота 5-8,5 м.

Внешний вид крана представлен на рисунке 15.



Рисунок 15 – Автокран КС-2571 Б

Подбор автогидроподъемника.

Максимальная высота подъема при выполнении работ 12 м.

Выбираем автогидроподъемник на базе шасси ISUZU SOCAGE T 335.

Внешний вид подъемника представлен на рисунке 16.



Рисунок 16 – Автогидроподъемник ISUZU SOCAGE T 335

Автогидроподъемник телескопический ISUZU SOCAGE T 335 представляет собой небольшой автомобиль грузового типа с установленной на нём телескопической T319 автовышкой Socage.

Люлька на вышке изолирована.

Технические характеристики:

- рабочая высота подъема люльки 8,3-19,4 м;
- вылет стрелы 11,5 м;
- максимальная грузоподъемность люльки 354 кг;
- угол поворота платформы 350 градусов.

Для выполнения строительных работ необходимо использовать соответствующие такелажные средства, устройства и приспособления, спроектированные на основе ОСТ 36-128-85 «Устройства и приспособления монтажные. Методы расчета и проектирования».

В зоне недопустимых дефектов стенки резервуара используются приспособления для выполнения последовательности операций по ремонту, а именно: траверсы для монтажа стальных марок, стропы двухветвевые для

демонтажа ремонтных участков стенки и навесной балкон для производства работ.

Для производства сварочно-монтажных работ используются различные приспособления и оснастка, включающие горизонтальную перекладину, вертикальные стойки жесткости с косынками, клинья со скобами для закрепления вставки, строповочные скобы, гребенки для закрепления монтажных стыков, шаблонные гребенки для закрепления вертикальных стыков и прилегающих участков стенки, приспособления сборочные для сборки монтажных стыков, ловители, упоры и тяговые приспособления. При проектировании этих приспособлений и оснастки следует соблюдать определенные требования.

«Для обеспечения прочности и надежности работы необходимо выбирать оптимальные технико-экономические схемы, применять доступные профили и проверенные сечения. Кроме того, важно предвидеть простоту изготовления, транспортировки и монтажа, обеспечивать безопасность и удобство эксплуатации, а также возможность многократного использования.»
[71]

Монтажные соединения следует разрабатывать только на болтах, а инвентарные и типовые соединения - на болтах и других элементах. Также необходимо исключать возможность повреждения конструкции, учитывать возможность осмотра, зачистки и нанесения антикоррозийной защиты.

Для обеспечения безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов важно учитывать скопление влаги. При использовании такелажных средств и грузозахватных приспособлений, механические узлы и детали, например, лебедки, крюки, контактные блоки, должны соответствовать требованиям правил.

Расчет такелажных средств и приспособлений должен основываться на нагрузках, их воздействиях и особенностях, учитывая фактическую ситуацию применения.

При выборе класса стали для оснастки и приспособлений, из стальных конструкций, необходимо учитывать профессионализм бригады и условия монтажа. Минимальное расстояние от сварных швов стенки составляет 100мм, столько же для всех элементов приспособлений и устройств, привариваемых к стенке резервуара.

В таблице 10 представлена технологическая карта, в которой в пункте 1 описана последовательность производства технологических операций, включая методы применения приспособлений и оснастки.

Таблица 10 – Технологическая карта

Наименование профессий	Численность рабочих
Звеньевой	1
Монтажник м/к	2
Электрогазосварщик	2
Инженер ОПП (оформление технической документации)	1
Инженер контроля качества	1
Специалист неразрушающего контроля	1
Машинист крана	1
Машинист автогидроподъемника	1
Водитель грузового автомобиля	1

Таким образом, в этой таблице представлено необходимое количество персонала для производства работ.

3.2 Анализ опасных производственных факторов и разработка мероприятий по уменьшению их уровней с применением ВМ модели

Для выполнения монтажных работ, включая перемещение грузов кранами, необходимо обеспечить безопасность на производстве. Руководство специалистом, ответственным за безопасное производство работ является обязательным требованием охраны труда и промышленной безопасности. Перед началом работ все исполнители должны быть проинструктированы по правилам безопасного ведения работ в резервуарном парке под роспись в

необходимый журнал и ознакомиться с пояснительной запиской и технологическими картами по видам работ проекта производства работ (ППР). Исполнители, работающие на высоте 3 метров и более, должны использовать заводские и испытанные предохранительные пояса, и оснастку. Также следует использовать рюкзаки или сумки для инструментов и крепежных материалов. Предметы, необходимые для работы, должны быть подняты опущены веревкой.

«Для безопасной работы на высоте необходимо использовать инерционные предохранительные устройства типа ПВУ-2. Электрооборудование, механизмы и металлические леса, которые могут находиться под током, должны быть надежно заземлены. Не допускается нахождение людей над или под монтируемыми элементами конструкций. Если скорость ветра превышает 10 м/с или менее 10 м/с, если парусность элемента может отклонить грузовой канат на угол более 30°, работы по монтажу нельзя производить. Для обеспечения безопасности на монтажной площадке следует установить порядок обмена условными сигналами между лицом, руководителем монтажа, машинистом крана и монтажниками. Необходимо также наладить службу оповещения о возникновении чрезвычайных ситуаций.» [71]

Перед использованием крана для перемещения элементов монтируемых конструкций необходимо убедиться в их надежном удержании от раскачивания и вращения с помощью пеньковых оттяжек. Расстояние между хвостовой частью и корпусом резервуара должно быть не менее 1 метра при повороте крана. Если полный поворот платформы крана невозможен, следует использовать сектор поворота. Перед началом огневых и газосварочных работ необходимо согласовать их проведение с местной пожарной охраной и службами по технике безопасности, ответственный за работы должен выполнить эту процедуру.

Для безопасного проведения ремонтных работ необходимо установить противопожарное оборудование и инвентарь, такие как огнетушители, бочки

с водой, песок, лопаты, багры и другие аналогичные приспособления. Важно убедиться в регулярном вывозе строительного мусора, поскольку его накопление в зоне работ запрещено, аналогично как и горячих отходов. Если проводится просвечивание рентгеновскими аппаратами или гамма-дефектоскопами, то зона, уровень радиации в которой превышает допустимую норму, должна быть ограждена, а на ее границах установлены предупредительные знаки установленного образца.

Для обеспечения безопасности работников от опасных и вредных производственных факторов требуется использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ), которые должны соответствовать требованиям технической эстетики и эргономики, а также предотвращать или снижать действие указанных факторов. При выборе конкретных СИЗ необходимо руководствоваться «Перечнем основных видов средств защиты работающих» по ГОСТ 12.4.011-89, учитывая безопасность для данного процесса или вида работ и климатические условия во время ремонтных работ. Также следует учитывать, что средства индивидуальной защиты не должны быть источником опасных и вредных производственных факторов.

Для обеспечения безопасности при ремонте резервуаров требуется соблюдать правила пожарной безопасности и соответствующие требования, указанные в Приказе N 1479 от 16 сентября 2020 г. «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации», РД 09-364-00 и приказ Ростехнадзора от 11.12.2020 N 517 Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов». Перед проведением огневых работ необходимо оформить наряд-допуск, в котором должны быть указаны все работы, а также основные меры безопасности, необходимые на период выполнения работ. Все процессы проведения огневых работ требуют постоянного контроля качества воздушной среды на возможные воспламеняющиеся пары газов.

Для предотвращения отравлений обслуживающего персонала, развития

профессиональных заболеваний, контроль воздушной среды на объектах магистрального нефтепровода проводится перед и в период проведения работ повышенной опасности, огневых и газоопасных работ. Это также позволяет предотвратить возникновение пожаров и взрывов. Работники, прошедшие медицинский осмотр, специальную профессиональную подготовку, успешно прошедшие аттестационный экзамен по промышленной безопасности в присутствии инспектора Ростехнадзора и получившие удостоверение, могут проводить отбор проб и анализ проб воздушной смеси на площадочных объектах. Однако возраст этих лиц должен быть не моложе 18 лет, чтобы обеспечить нормальные условия труда и предотвратить отклонения в состоянии здоровья.

Определение обязанностей по контролю воздушной среды производится приказом руководителя структурного подразделения. Лицо, которое будет проводить контроль, обязано иметь при себе удостоверение. Если начальник структурного подразделения назначает контролера воздушной среды на период работ по наряду-допуску, то это лицо должно быть включено в бригаду исполнителей и указано в колонке «выполняемая функция» пункта 4 наряда-допуска.

Для контроля качества воздушной смеси на площадочных объектах необходимы газоанализаторы, которые соответствуют следующим требованиям: сертификация Госстандарта России и наличие Сертификата, Свидетельства о взрывозащищенности, утвержденного Ростехнадзором, государственной поверки в территориальных органах Госстандарта России и наличия Свидетельства о госповерке, которое всегда должны находиться вместе с газоанализатором, и наличие разрешений Ростехнадзора России на поднадзорных объектах.

Для правильной идентификации приборов необходимо указывать на них марку, заводской номер, год выпуска, товарный знак завода-изготовителя,

знак Госстандарта России, а также маркировку взрывозащищенности на корпусе или на табличке, прикрепленной к корпусу. «При выборе приборов необходимо также учитывать, что они должны иметь минимальную чувствительность и измерительный диапазон, которые соответствуют требованиям нормативных документов по допустимым концентрациям. Чтобы обеспечить качественную эксплуатацию приборов, для каждого из них необходимо назначить ответственного из лиц инженерно-технических персонала. Этот работник обязан осуществлять контроль за отсутствием неисправностей и работоспособностью прибора, а также за своевременность проведения ремонта и графиком проведения поверок.» [37]

Для контроля состояния воздушной среды в рабочей зоне 3 необходимо использовать газоанализаторы, которые могут определять весовые или объемные единицы измерения ПДК веществ в воздухе. Однако запрещено использовать газоанализаторы без государственной поверки, с просроченным сроком поверки или без паспорта (сертификата). Если в цеховых помещениях существует возможность скопления паров, то необходимо организовать дополнительное наблюдение их концентрации с помощью газоанализаторов.

Для контроля взрывоопасных концентраций горючих паров разрешается применить газоанализаторы горючих газов, такие как СГГ-4М, СГГ-14 и другие. Они предусмотрены для подачи световой и звуковой сигнализации при достижении заданного уровня загазованности. Однако, при проведении замеров состояния воздушной среды в объектах МН, использование сигнализаторов горючих газов запрещено и их показания не могут быть занесены в наряды-допуски. В основном для проведения замеров используются приборы марок АНТ-3М, АНТ-5, КОЛИОН-3В, Расс Ехх фирмы Дреггер, УГ-3.

Во всём мире в сфере автоматизации измерений взрывоопасных концентраций смесей нефти и нефтяных паров последнее время происходит

переход к газоанализаторам оптического типа. Это связано с тем, что оптические датчики не требуют прямого контакта с загазованной атмосферой, в отличие от термokatалитических, электрохимических или полупроводниковых датчиков, и защищены излучателем и фотоприемником. Вместе с тем, сквозь газовую пробу проходит только луч света.

В корпорации «Транснефть» применяются газоаналитические системы оптического типа: СКЗ-12-Ех-01, Polytron IR и СГАЭС-ТН. Они имеют прозрачные окна из химически стойкого стекла, что обеспечивает более стабильную чувствительность к контролируемому газу, возможность работы в бескислородной среде, быстрое действие, избирательность (другие газы не влияют на объективность) и высокую работоспособность на протяжении более 10 лет. Кроме того, эти системы имеют Сертификат соответствия требований взрывопожаробезопасности, документальное разрешение Ростехнадзора РФ и зарегистрированный Сертификат об утверждении типа средства измерений.

Для эффективного периодического контроля качества воздушной среды на площадочных объектах необходимо разработать план-график контроля. К этому плану должна быть приложена карта-план объекта, на которой будут отображены точки контроля воздушной среды с соответствующими номерами. Аншлаги с номерами точек отбора проб обязаны соответствовать графику мероприятий. На объекте капитального ремонта должен быть составлен чек-лист горючих и пожаровзрывоопасных веществ, которые могут попадать в производственных помещениях и рабочих пространствах оборудования. Кроме этого, для каждого объекта капитального ремонта нужно составить перечень мест, где необходимо произвести контроль содержания воздушной среды при помощи ручных газоанализаторов.

В наряде-допуске прописывается порядок проверки воздушной среды при проведении огневых и газоопасных работ, который определяет руководитель структурного подразделения (цеха). Необходимым

приложением является схема с отметкой точек взятия проб газовой смеси. Эту схему утверждает руководитель структурного подразделения, а в пункте 7 наряда-допуска прописывается данное приложение. Проведение контроля газовой среды осуществляется только после выполнения всех необходимых последовательных мероприятий, предусмотренных в наряде-допуске, таких как зачистка места работ от нефтепродуктов, проветривании и других.

Для безопасного проведения работ по капитальному ремонту резервуара и анализа воздушной среды в котловане необходим специалист, который будет использовать спецодежду, соответствующую требованиям взрывобезопасности, и обязательно применять фильтрующий противогаз. Также были изучены методики контроля качества выполнения данных работ и предложены меры по уменьшению воздействия вредных и опасных производственных факторов на персонал, привлеченный к работам, после анализа возможных рисков.

«Институт развития в жилищной сфере ДОМ.РФ является одним из активных участников процесса внедрения информационного моделирования (ВМ) в строительстве. Особое внимание уделяется подготовке профильных специалистов, в том числе для органов государственной власти. Согласно постановлению правительства РФ, строительная отрасль должна начать переход на ВМ с 1 января 2022 года, с приоритетом отдавая российскому ПО. В результате выполнения работы по выбранной тематике, можно применять существующие технологии по капитальному ремонту и реконструкции стального вертикального резервуара для хранения нефти и нефтепродуктов емкостью 5000 м³ в наиболее безопасных для рабочего персонала условиях, при этом улучшив качество выполнения работ.» [71]

«Серия экспертных встреч под эгидой ДОМ.РФ была запущена весной 2021 года с целью объединения участников перехода на ВМ в строительной отрасли.

В первую сессию, состоявшуюся 26 апреля, были приглашены представители Минстроя, Минцифры, Главгосэкспертизы, госкорпорации «Росатом», региональных органов экспертизы и строительного надзора, Академии BIM, крупных застройщиков, а также IT-специалисты и представители бизнеса и банковского сообщества. Основными темами дискуссии стали подготовка кадров и госзаказчиков, усовершенствование нормативной базы и создание российского ПО для масштабного внедрения BIM. ДОМ.РФ заявила о своей готовности стать основной площадкой для обсуждения проблематики BIM.» [34]

«Создание профильной обучающей площадки «Цифровая академия» запланировано на 1 августа 2021 года в России, чтобы справиться с главной проблемой перехода на использование BIM - дефицит специалистов. Ежегодно около 4 тысяч BIM-специалистов будут выпускаться с профессиональными компетенциями по информационному моделированию. По предварительным подсчетам, строительная отрасль России потребует 240 тысяч специалистов. Академия будет готовить новых кадров с нуля, обучать студентов и выпускников, а также позволит повышать квалификацию действующих специалистов.» [34]

В разделе были описаны технологические процессы и методы контроля, а также определены должностные лица, ответственные за выполнение этих задач. Была разработана технологическая карта для монтажа обслуживающих площадок резервуара вертикального стального типа, соответствующая требованиям основных регламентирующих документов. В таблицах был представлен процесс выполнения работ в сочетании с соответствующими способами контроля. В качестве рекомендаций были предложены мероприятия для обеспечения безопасности при выполнении работ.

«Для обеспечения качества строительно-монтажных работ был введен производственный контроль, разделенный на этапы, на каждом из которых

проводится определенный вид проверки. Несмотря на то, что BIM является относительно новой технологией в строительной отрасли, она постепенно набирает популярность. Сторонники этого подхода считают, что BIM предлагает множество преимуществ, включая улучшенную визуализацию, повышение производительности, усиление согласованности строительных документов и связывание важной информации, такой как информация о поставщиках стройматериалов. Это позволяет ускорить логистику и снизить затраты, что делает BIM еще более значимым в создании документации.» [34]

«Данные, необходимые для анализа производительности строительства здания, включены в BIM. Используя свойства здания в BIM, можно автоматически создать входной файл для моделирования производительности строительства здания и значительно сократить время и усилия. Этот процесс автоматизации также уменьшает количество ошибок и несоответствий во время моделирования производительности сооружения.» [34]

Заключение

Увеличение производительности РВСП 5000 м³ до проектной величины достигнуто благодаря проведенному полному комплексу мероприятий по капитальному ремонту оборудования. Сейчас комплексное управление рисками является понятным и интегрируется с менеджментом кризисных ситуаций, включающим в себя разработку и проведение мероприятий в случае возникновения аварий и катастроф. Это объясняется тем, что несмотря на высокий уровень управления и профилактического обслуживания оборудования, аварии возможны теоретически и происходят на практике.

Приоритетным в функциональном плане является комплексное перевооружение, покрывающее весь производственный цикл. Воспламенения и взрывная волна, возникающие в РВС с нефтепродуктами, в большинстве случаев, являются причиной выведения из строя автоматических установок пожаротушения. В данных случаях для тушения воспламенения требуется большое количество противопожарной пены для защиты горящих и соседствующих резервуаров, также большое число живой силы пожарной охраны и противопожарной техники. А так же возникает необходимость установки дополнительных датчиков оповещения и загазованности среды, а также модернизации.

Для предотвращения разгерметизации оборудования и возгораний на территории резервуарных парков более разумным решением будет усовершенствование мер защиты. В процессе работы были решены задачи изучения современных методов ремонта резервуаров и определения правил и порядка проведения ремонта. Кроме того, были предложены мероприятия по перевооружении рассматриваемого резервуара, включая установку алюминиевого понтона и монтаж более современной системы пожаропоглощения, с целью повышения безопасности и его эксплуатационных характеристик. В аспектах технической части ВКР были разработаны технологические карты на ликвидацию типовых дефектов

резервуара, такие как ремонт стенки с помощью установки рам жесткости, ремонта фундамента РВС и монтаж дополнительных площадок обслуживания, оборудования.

В рамках ВКР прошло рассмотрение нескольких вопросов: технико-экономические показатели проекта; экологические и безопасные решения в проекте; безопасность труда на стройке и противопожарная безопасность. К тому же, проведена была оценка сметной стоимости работ, которые связаны с капитальным ремонтом объекта.

При реконструкции, перевооружении и капитальных ремонтах сооружений различной сложности, BIM является незаменимым помощником. Помимо функции 3D проекции, BIM технология используется при эксплуатации возведенного здания. Обширный спектр возможностей позволяет данной технологии подходить к управлению сооружением по-новому.

Внедрение BIM облегчило принятие решений на стадиях «производства» сооружений – от проектирования до эксплуатации и даже дальнейшего сноса.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Аполлонский, С.М. Защита техносферы от воздействия физических полей и излучений. Том 3. Виды физических полей и излучений. М.: Русайнс, 2018. 827 с.
2. Афанасьев, В. А. Сооружение резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов. - М.: Недра, 1981. 192 с.
3. Безопасность в техносфере. Выпуск 3/2017. М.: ИНФРА-М, 2017. 193 с.
4. Безопасность в техносфере. Выпуск № 4. М.: ИНФРА-М, 2017. 951 с.
5. Безопасность в техносфере. Выпуск №1/2017. М.: ИНФРА-М, 2017. 602 с.
6. Безопасность в техносфере. Выпуск №2(65)/2017. М.: ИНФРА-М, 2017. 400 с.
7. Безопасность в техносфере. № 2 (41) 2013. Март-апрель. - М.: ИНФРА-М, 2019. 721 с.
8. Безопасность труда в строительстве. Отраслевые типовые инструкции по охране труда. СП 12-135-2003. – Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2009. – 288 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57282> (дата обращения: 23.10.2023). – ISBN 978-5-379-00992-2. – Текст : электронный.
9. Воропаев Л.Ю., В.П. Мамугина. Проблемы проектирования в BIM-среде // Жилищное строительство. 2018. № 7. С. 27–31.
10. Ветошкин, А.Г. Обеспечение надежности и безопасности в техносфере. Учебное пособие. А.Г. Ветошкин. 2017. 617 с.
11. ГОСТ 21502-2007 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения проектной и рабочей документации металлических конструкций». Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 2007. 25 с.
12. ГОСТ Р 21.101-2020 «Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации». Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. 2020. 69 с.

- 13.ГОСТ Р 31385-2016 «Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия». Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 2016. 283 с.
- 14.ГОСТ Р 58622-2019 «Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Методика оценки прочности, устойчивости и долговечности резервуара вертикального стального». Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. 2019. 55 с.
- 15.ГОСТ Р 58623-2019 «Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные. Правила технической эксплуатации» Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. 2019. 75 с.
- 16.Григорьев, А. В. Антропология: от организмов к техносфере. А.В. Григорьев. Москва: Высшая школа, 2019. 488 с.
- 17.Григорьев, А.В. Антропология. От организмов к техносфере. А.В. Григорьев. Москва: Высшая школа, 2017. 872 с.
- 18.Гринёв, В. П. Информационное моделирование градостроительной деятельности как механизм реализации стратегии пространственного развития Российской Федерации: правовые аспекты : научно-практическое пособие. М.: Юстицинформ, 2022. 529 с.
- 19.Гусакова, Н. В. Техносферная безопасность. Физико-химические процессы в техносфере. Учебное пособие. Н.В. Гусакова. М.: ИНФРА-М, 2019. 186 с.
- 20.Гусакова, Н.В. Техносферная безопасность: физико-химические процессы в техносфере: Учебное пособие. Н.В. Гусакова. М.: ИНФРА-М, 2018. 965 с.
- 21.Данилина И.В. Применение BIM-технологий на стадии градостроительного проектирования // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 9.С. 48–52.
- 22.Дмитренко, В. П. Управление экологической безопасностью в техносфере. Учебное пособи. В.П. Дмитренко, Е.М. Мессинева, А.Г. Фетисов. М.: Лань, 2017. 436 с.

23. Дерцакян, А. К. Переходы магистральных трубопроводов через болота. А.К. Дерцакян, Б.Д. Макуров. Л. 1965. 215 с.
24. Донской, В. М. Механизация земляных работ малых объемов. В.М. Донской. Л. 1976. 158 с.
25. Зеленин, А. В. Машины для земляных работ. А.В. Зеленин, В.И. Баловнев, И.П. Керов. 1975. 421 с.
26. Иванцов, О. М. Использование энергии взрыва для сооружения магистральных трубопроводов. О.М. Иванцов, В.А. Кортнов. 1970. № 5. С. 19-21.
27. Козачок, О. В. Обоснование методики расчета полимерных плавающих покрытий вертикальных стальных резервуаров с учетом коэффициентов нефтепоглощения и нефтенабухания: диссертация кандидата технических наук. 2009г. 119 с.
28. Картунов, В. А. Производство земляных работ в зимнее время на трассе газопровода Средняя Азия — Центр. В.А. Картунов, Л.А. Моргулис. 1972. № 3. С. 3-8;
29. Куприяновский В.П, Синягин С.А., Добрынин А.П. BIM — цифровая экономика. Как достигли успеха. Практический подход к теоретической концепции. Часть 1. International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 4, no. 3, 2016
30. Материаловедение и металловедение сварки : учебник / В. Н. Гадалов, В. Р. Петренко, С. В. Сафонов [и др.]. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 308 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618018> (дата обращения: 23.10.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0625-3. – Текст : электронный.
31. Металлические конструкции, включая сварку : учебник / Н. С. Москалев, Я. А. Пронозин, В. С. Парлашкевич, Н. Д. Корсун ; под ред. В. С. Парлашкевич. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ), 2018. – 352 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. –

- URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=560318> (дата обращения: 23.10.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4323-0031-7. – Текст : электронный.
32. Мустфин, Ф.М. Резервуары для нефти и нефтепродуктов: учеб, для вузов. Ф. М. Мустафин, Р. А. Жданов, М. Г. Каравайченко [и др.]. М.: Недра, 2010. 480 с.
33. Пакидов О.И. Основы BIM: Информационное моделирование для строителей, Набережные Челны, 2014 г.
34. Попов, А.Р. Перспективы моделирования экономико-технологических процессов в строительном комплексе на основе BIM-технологий / А.Р. Попов, Р.А. Попов, А.А. Савенко // Экономика устойчивого развития. — 2019. — № 3(39). — С. 239–243.
35. Радченко, М. В. Производство сварных конструкций : опасные производственные объекты : учебник : [16+] / М. В. Радченко, В. Г. Радченко, Т. Б. Радченко ; под общ. ред. М. В. Радченко. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 532 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618027> (дата обращения: 23.10.2023). – Библиогр.: с. 477-482. – ISBN 978-5-9729-0746-5. – Текст : электронный.
36. Резервуары вертикальные стальные сварные для нефти и нефтепродуктов. Техническое диагностирование и анализ безопасности. (Методические указания) / Российская ассоциация экспертных организаций техногенных объектов повышенной опасности «Ростехэкспертиза», «Научно-промышленный союз «РИСКОМ», Мю: НПК «Изотермик». 2009. 288 с.
37. Романенкова, Е. Н. Справочник по строительству : нормативы, правила, документы / Составитель Е. Н. Романенкова. - 2-е изд - Москва : Проспект, 2014. - 1232 с. - ISBN 978-5-392-12371-1. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785392123711.html> (дата обращения: 16.10.2023).

- 38.Талапов, В.В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. В.В. Талапов. 2015. 412 с.
- 39.Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 392 с.
- 40.Тетельмин, В. В. Нефтегазовое дело : полный курс : учебник : в 2-х т. : [16+] / В. В. Тетельмин. – 2-е изд. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – Том 1. – 416 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617838> (дата обращения: 23.10.2023). – ISBN 978-5-9729-0556-0 (Т. 1). - ISBN 978-5-9729-0552-2. – Текст : электронный.
- 41.Тетельмин, В. В. Нефтегазовое дело : полный курс : учебник : в 2 томах : [16+] / В. В. Тетельмин. – 2-е изд. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – Том 2. – 400 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617841> (дата обращения: 23.10.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0557-7 (Т. 2). – ISBN 978-5-9729-0552-2. – Текст : электронный.
- 42.Тимофеева Светлана, Физико-химические процессы в техносфере / Светлана Тимофеева. - М.: Инфра-Инженерия, 2017. - 455 с.
- 43.Токликишвили А.Г. Диагностика и выявление дефектов вертикальных стальных резервуаров. Учебное электронное издание. Учебное пособие. Владивосток. Дальневосточный федеральный университет. Токликишвили А.Г. 2019. 61 с.
- 44.Трифонов, К. И. Физико-химические процессы в техносфере / К.И. Трифонов, В.А. Девисилов. - М.: Форум, Инфра-М, 2019. - 240 с.
- 45.Савенко, А.А. 3D-принтеры в строительстве: современное использование и перспективы / А.А. Савенко, С.С. Тамазов, С.И. Сторчун // Экономика и предпринимательство. — 2020. — № 11(124). — С. 1420–1424. — DOI 10.34925/EIP.2020.124.11.287.
- 46.Свод правил СП 123.13330.2012 изменение 1 «СНиП 34-02 99 Подземные хранилища газа, нефти и продуктов их переработки». 218. 25 с.

- 47.Свод правил СП 43.13330.2012 «СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий» с Изменениями № 1, № 2, № 3. 2022. 103с.
- 48.Свод правил СП 301.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническим отделам». 2017. 32с.
- 49.Свод правил СП 328.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели». 2020. 21 с.
- 50.Свод правил СП 331.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах». 2017. 32с.
- 51.Свод правил СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». 2020. 219 с.
- 52.Свод правил СП 343.1325800.2017 «Сооружения промышленных предприятий. Правила эксплуатации». 2017. 55 с.
- 53.Свод правил СП 365.1325800.2017 «Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для хранения нефтепродуктов. Правила производства и приёмки работ при монтаже». 2017. 95 с.
- 54.Свод правил СП 470.1325800.2019 «Конструкции стальные. Правила производства работ». 2019. 32 с.
- 55.Свод правил СП 481.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила применения в экономически эффективной проектной документации повторного использования и при ее привязке». 2020. 9с.
- 56.Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. ГОСТ 12.3.003-86 — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006408> (дата обращения: 01.10.2021).

57. Сеницына, С.А. Цифровая экономика: актуальные направления правового регулирования: научно-практическое пособие" (под ред. И.И. Кучерова, С.А. Сеницына) М.: "ИЗиСП", "НОРМА", 2022. 285с.
58. Соловьева Е.В., Сельвиан М.А. Основные этапы внедрения технологии информационного моделирования (ВІМ) в строительных организациях // Научные труды КубГТУ. 2016. № 11. С. 110–119.
59. Стандарт ассоциации СА-03-008-08. Резервуары вертикальные стальные сварные для нефти и нефтепродуктов. Техническое диагностирование и анализ безопасности (методические указания). Российская ассоциация экспертных организаций техногенных объектов повышенной опасности. М.: «Ростехэкспертиза – НПК изометрик». 2009. 287с.
60. Справочник инженера по эксплуатации нефтегазопроводов и продуктопроводов. Учебно-практическое пособие. М.: «Инфра-Инженерия», 2006. 928 с.
61. Об утверждении правил по охране труда при выполнении электросварочных и газосварочных работ [Электронный ресурс]. Приказ Минтруда России от 23.12.2014 N 1101н — URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-mintruda-rossii-ot-23122014-n-1101n/> (дата обращения: 01.10.2021).
62. Сукало, Г. М. Государственный пожарный надзор : учебник : [16+] / Г. М. Сукало. – Москва : Директ-Медиа, 2023. – 236 с. : табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=696558> (дата обращения: 23.10.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4499-3472-7. – Текст : электронный.
63. Сукало, Г. М. Промышленная безопасность объектов трубопроводного транспорта : учебник : [16+] / Г. М. Сукало. – Москва : Директ-Медиа, 2023. – 284 с. : табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=706880> (дата обращения: 23.10.2023). – Библиогр.: с. 267-274. – ISBN 978-5-4499-3986-9. – Текст : электронный.

64. Сукало, Г. М. Расследование и экспертиза пожаров : учебник / Г. М. Сукало. – Москва : Директ-Медиа, 2023. – 316 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=703610> (дата обращения: 23.10.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4499-3913-5. – Текст : электронный.
65. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"
66. Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. N 190-ФЗ "Градостроительный кодекс Российской Федерации"
67. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений"
68. Федорян, А. В. Применение интегральной модели при прогнозировании распространения опасных факторов пожара в ограждающих конструкциях: учебник: [16+] / А. В. Федорян. – Москва : Директ-Медиа, 2023. – 176 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=695972> (дата обращения: 23.10.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4499-3438-3. – Текст : электронный.
69. Федорян, А. В. Разработка оперативных документов предварительного планирования организации тушения пожаров : учебник : [16+] / А. В. Федорян. – Москва : Директ-Медиа, 2023. – 344 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=698592> (дата обращения: 23.10.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4499-3585-4. – DOI 10.23681/698592. – Текст : электронный.
70. Федорян, А. В. Категорирование объектов защиты по пожарной и взрывопожарной опасности : учебник : [16+] / А. В. Федорян. – Москва : Директ-Медиа, 2023. – 224 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=695970>

- (дата обращения: 23.10.2023). – Библиогр.: с. 194-195. – ISBN 978-5-4499-3437-6. – Текст : электронный.
- 71.Фонтокина, В. А. Роль BIM-технологий в организации и технологии строительства / В. А. Фонтокина, А. А. Савенко, Е. Д. Самарский // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 1. — URL: <https://esj.today/PDF/06ECVN122.pdf>
- 72.Физическая природа разрушения: учебное пособие для вузов / Министерство образования и науки Российской Федерации, Оренбургский государственный университет. - Оренбург: ОГУ, 2014. 371 с.
- 73.Abramyan, S. Assurance of environmental safety of conventional overhaul and reconstruction technologies for trunk pipelines/ S.Abramyan // IOP Conference Series Materials Science and Engineering 451:012199 · December 2018 with 78 Reads [Электронный ресурс]. — URL: https://www.researchgate.net/publication/329658169_Assurance_of_environmental_safety_of_conventional_overhaul_and_reconstruction_technologies_for_trunk_pipelines (дата обращения: 01.10.2021).
- 74.Beer E.E. Calcule des Poutres reposant sur le Sol. Annales die Travaux Publics de Belgique. June, Aug. 1948, Oct., Des. 1952
- 75.Edmondson, S. Time dependent metal loss-type defects assessment/ S.Edmondson// RESEARCH / DEVELOPMENT / TECHNOLOGY [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.pipeline-journal.net/pdf/ptj-3-2018.pdf> (дата обращения: 01.10.2021).
- 76.Timashev, S. A. Construction of permissible regions in the load space of above-ground arctic pipelines / S. A. Timashev, A. V. Bushinskaya // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. - May 2016, Volume 45, Issue 3, pp 283– 290 [Электронный ресурс]. — URL: <https://link.springer.com/article/10.3103/S105261881602014X> (дата обращения: 01.10.2021).

77. Haldar, A. and Mahadevan, S. Reliability Assessment Using Stochastic Finite Element Analysis/ Haldar, A. and Mahadevan, S. - New York: Wiley&Sons, 2000. – P.35-81.
78. LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION PART I & COMMENTARY. For Building Information Models and Data. April 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bimforum.org/lod/> – (дата обращения 11.01.2020).
79. MIT Design Standards BIM Execution Plan v6.0 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://web.mit.edu/facilities/maps/MIT_BIM_execution_plan.pdf (дата обращения 11.01.2020).
80. PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling
81. PAS 1192-3:2014 Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling (BIM)
82. PAS 1192-5:2015 Specification for security-minded building information modelling, digital built environments and smart asset management
83. PAS 1192-6:2018 Specification for collaborative sharing and use of structured Health and Safety information using BIM.