

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные
процессы»
(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Технологический процесс и оборудование для изготовления стенки резервуара РВС-100»

Студент	<u>Б.И. Еремеев</u> <small>(И.О. Фамилия)</small>	<u>_____</u> <small>(личная подпись)</small>
Руководитель	<u>к.т.н., доцент К.В. Моторин</u> <small>(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)</small>	<u>_____</u>
Консультанты	<u>к.э.н., доцент Н.В. Зубкова</u> <small>(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)</small>	<u>_____</u>
	<u>к.т.н., доцент А.Н. Москалюк</u> <small>(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)</small>	<u>_____</u>

Тольятти 2021

Аннотация

Строительство резервуарного парка для хранения нефти и нефтепродуктов предусматривает применение сварочных технологий, которые занимают основное место в технологии возведения резервуаров. Повышение производительности сварочных работ достигается при использовании механизированных и автоматических способов сварки.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки при монтаже вертикальных стальных резервуаров на примере резервуара РВС-100.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- обоснование выбора способа сварки (частичная замена ручной сварки на механизированную и механизированной сварки на автоматическую);
- повышение эффективности выбранных способов сварки применительно к рассматриваемому резервуару, выбор сварочного оборудования, материалов и оптимальных параметров режима сварки;
- составление проектного технологического процесса с учётом ранее найденных технических решений.

Анализ возможных способов сварки позволил обосновать выбор сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах (механизированной и автоматической) при построении проектной технологии сварки. Была составлена проектная технология сварки стенки вертикального резервуара РВС-100., назначены параметры режима сварки и применяемое оборудование.

Заводская себестоимость изготовления стенки резервуара по проектной технологии составляет 30883,94 рублей по базовой технологии 41806,13 руб.

Содержание

Введение.....	4
1 Состояние вопроса: анализ конструкции и базовой технологии изготовления стенки резервуара РВС-100.....	6
1.1 Описание конструкции РВС.....	6
1.2 Параметры и технические характеристики резервуара РВС-100 м ³	7
1.3 Описание базового варианта изготовления стенки РВС.....	10
1.4 Анализ известных и возможных способов изготовления стенки резервуара РВС-100.....	14
2 Технологический процесс изготовления стенки резервуара РВС-100.....	18
2.1 Подготовка металла.....	18
2.2 Подготовка кромок.....	19
2.3 Сборка рулонов в цеху.....	19
2.4 Сварка рулонов в цеху.....	22
2.5 Монтаж резервуаров из рулонизируемых конструкций непосредственно на месте установки.....	25
2.6 Сварка на монтажной площадке.....	29
2.7 Контроль сварных соединений.....	32
3 Выбор оборудования и приспособлений для изготовления стенки резервуара РВС-100.....	34
4 Безопасность и экологичность работы: выявление вредных и опасных факторы, которые могут иметь место при изготовлении стенки резервуара РВС-100.....	41
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта.....	41
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	43
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	45
4.4 Обеспечение пожарной безопасности.....	50
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	54
5 Экономическое обоснование ВКР.....	57
Заключение.....	66
Список используемой литературы.....	67

Введение

Предназначены резервуары для хранения, отпуска и приема продуктов переработки нефти и других жидкостей в различных климатических условиях.

«Проектирование и строительство РВС на территории РФ регламентируется: ГОСТ 31385-2008 и стандарт СТО-СА-03-002-2009» [2].

Настоящий стандарт устанавливает требования к проектированию, изготовлению, монтажу и испытанию вертикальных цилиндрических стальных резервуаров номинальным объемом от 100 до 120000 м³, используемых при добыче, транспортировании, переработке и хранении нефти и нефтепродуктов.

Требования настоящего стандарта распространяются на следующие условия эксплуатации резервуаров [18]:

- расположение резервуаров - наземное;
- плотность хранимых продуктов - не более 1015 кг/м³ ;
- максимальная температура корпуса резервуара - не выше плюс 180 °С,
- минимальная - не ниже минус 65 °С;
- внутреннее избыточное давление - не более 2000 Па;
- относительное разрежение в газовом пространстве - не более 250 Па;
- сейсмичность района строительства - не более 9 баллов по шкале MSK-64.

В данной работе рассмотрен резервуар с номинальным объемом РВС-100 м³, «который относится к классу сооружений КС-2б - резервуары объемом менее 1000 м³, что соответствует классу опасности IV»[20].

От результатов входного контроля металла, способов изготовления и методов монтажа стенок резервуара, а также способа сварки и особенностей при проектировании и закладке фундамента зависит срок службы и безопасная эксплуатация данного объекта для хранения жидкостей и нефтепродуктов.

Надежность резервуаров зависит напряженно-деформированного состояния стенки. «На основании проведенного анализа аварийности были выявлены три основные группы причин аварий на резервуарах: 70% случаев – дефекты строительства, 17% – недостатки проекта, 11% – нарушение правил при эксплуатации» [12]. Повышение уровня качества в области хранения нефти и нефтепродуктов в резервуарах является одной из главных проблем. «Эксплуатационная надежность определяется возможностью выполнения резервуаром заданных функций, а именно способностью в течение межремонтного периода принять на хранение определенное количество нефти, нефтепродуктов или иной жидкости с сохранением заданных значений эксплуатационных характеристик во времени. Основное внимание следует уделить дефектам, возникающим на этапах изготовления, монтажа и эксплуатации конструкции. Изменяя проектное состояние резервуара, указанные факторы снижают срок службы конструкции»[12]

В данной работе рассмотрен метод рулонирования - один из двух индустриальных способов изготовления резервуарных металлоконструкций. «При таком способе изготовления стенка, днище и крыша резервуара РВС поставляются на площадку строительства в виде свернутых в рулоны сварных полотнищ» [16]. «Метод полностью автоматизирован от производства рулонных конструкций до сборки на монтажной площадке. Краток по времени в сборке и установке. Не требует использования большого количества людских ресурсов. Недостаток – метод не подразумевает применение более толстых сталей. Поэтому целью данной работы является повышение производительности при изготовлении стенки резервуара РВС-100» [16].

1 Состояние вопроса: анализ конструкции и базовой технологии изготовления стенки резервуара РВС-100

1.1 Описание конструкции РВС

«Вертикальные цилиндрические резервуары РВС-100 м³ (рис. 1.1) преимущественно используются в нашей стране предприятиями нефтяной и нефтеперерабатывающей отрасли для приема, хранения и выдачи сырой нефти и различных нефтепродуктов. Этот наиболее практичный вид наземных резервуаров, подходящий для:

- любых светлых и темных нефтепродуктов (бензин, керосин, дизельное топливо, битум, мазут и т.д.);
- различных продуктов химической промышленности (ацетоны, кислоты, спирты, мономеры, их циклические производные, аммиачная вода и др.);
- питьевой воды, а также для технической воды пожарных резервуаров (противопожарного запаса);
- жидких продуктов пищевой промышленности (сырья для производства продуктов питания, растительных масел, виноматериалов, сиропов и многие другие продукты)» [20].

«Резервуары РВС-100 изготавливаются двух типов: со стационарной крышей без понтона РВС-100 и со стационарной крышей с понтоном РВСП-100. Выбор типа резервуара проводят на основании таблицы свойств хранимого продукта - температуры вспышки и давления насыщенных паров при температуре хранения, указанной в техническом задании РВС-100»[20] [24].

Стенка резервуара РВС-100

- Тип: оболочка цилиндрическая замкнутая.
- Размер: полотнище 14860 мм X 6000 мм,
- Толщина: 5 мм (верхний пояс)
- Форма отгрузки с завода: рулон.

- Масса: 3 596 кг.

При хранении продуктов с температурой вспышки не выше 55°C (нефть, бензин, дизельное топливо для дизелей общего назначения и стабильный газовый конденсат) применяются резервуары без понтона.

1.2 Параметры и технические характеристики резервуаров РВС-100 м³

«Рекомендуемые параметры (рис. 1):

- Внутренний диаметр стенки – 4730 мм.
- Высота стенки – 6000 мм [20].

«Основные конструктивные элементы резервуара РВС-100 м³:

- стенка, включая врезки патрубков и люков,
- днище,
- крыша стационарная,
- ограждения и площадки на крыше, лестница,
- технологические патрубки и люки [20].

В работе рассматривается технологический процесс изготовления стенки резервуара РВС-100.

«Стенка представляет собой сварную листовую конструкцию, имеющую форму тонкостенной, цилиндрической оболочки вращения. Стенка состоит из четырех рядов поясов, высота каждого из которых равна ширине листа 1500 мм» [20].

РВС-100

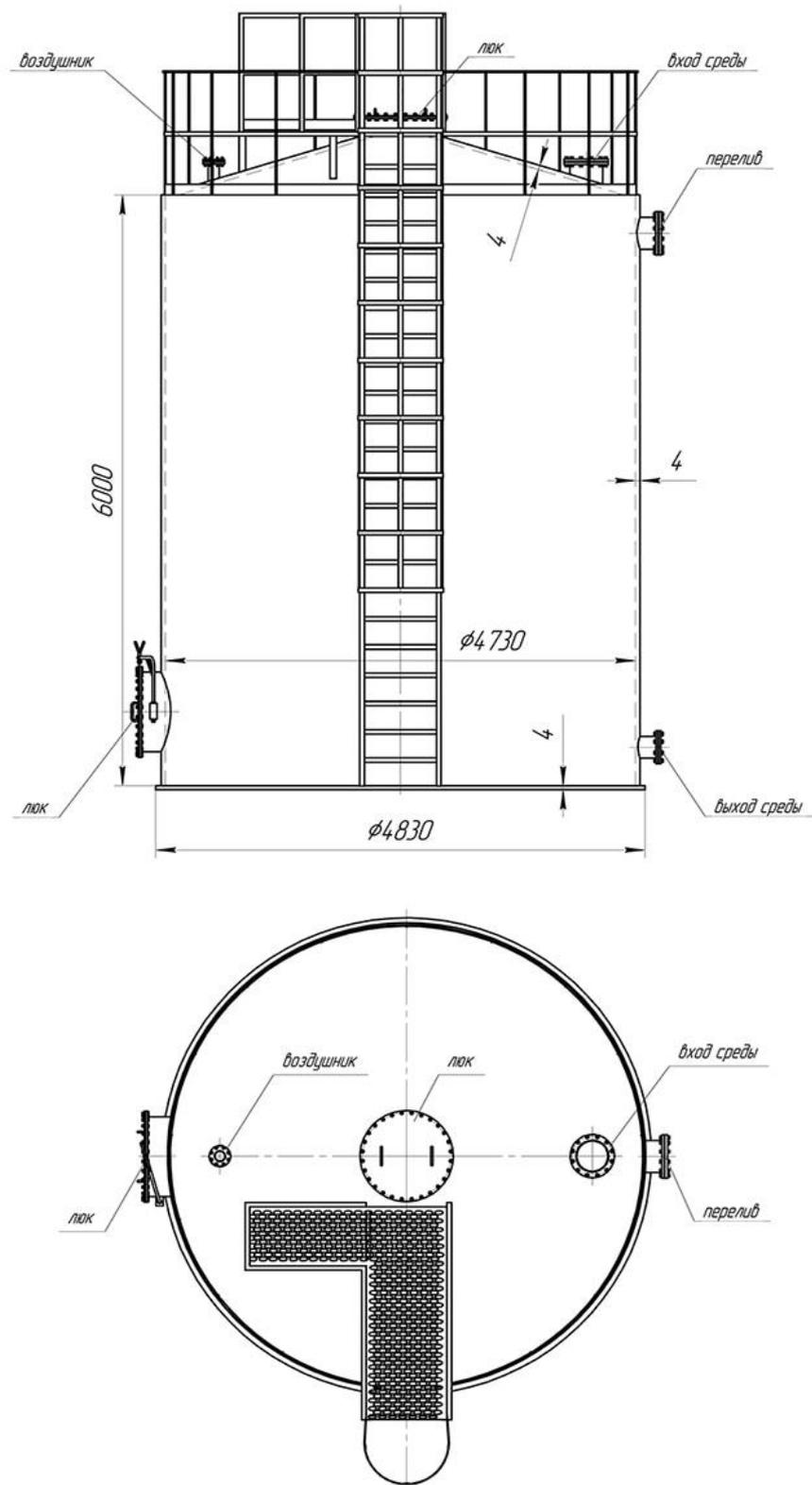


Рисунок 1 - Геометрические параметры РВС-100

Основные конструктивные параметры и весовые характеристики РВС-100 м³ приведены (табл. 1) как наиболее распространенные в плане строительства и подходящие для эксплуатации на всей территории России.

Таблица 1 - Характеристики РВС-100

Объем резервуара, м ³	100
Срок службы резервуара, лет	30
Плотность хранимого продукта, т/м ³	1,6
Максимальная температура хранимого продукта, С ^о	95
Максимальная высота налива в резервуаре без понтона	на высоту стенки
Внутреннее избыточное давление (номинальное), кПа	5,00
Относительный вакуум (номинальный), кПа	0,5
Оборачиваемость продукта, циклов в год	200
Расчетная температура металла, °С	-60 и выше
Нормативная снеговая нагрузка, кПа	4
Нормативная ветровая нагрузка, кПа	0,85
Сейсмичность района строительства, балл	до 9
Внутренний диаметр стенки, мм	4730
Высота стенки, мм	6000
Стенка:	
Количество поясов, шт	4
Припуск на коррозию (задается заказчиком), мм	1
Минимальная толщина верхнего пояса, мм	5
Минимальная толщина нижнего пояса, мм	5

«Стенка резервуара РВС-100 изготавливается из листов 6000x1500, толщиной 5 мм из стали 09Г2С (сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций)» [22] [20]. Характеристики стали приведены в таблицах 2 и 3

Таблица 2 - Химический состав в % по ГОСТ 19281-89

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
<0.12	0.5-0.8	1.3-1.7	<0.3	<0.04	<0.035	<0.3	<0.008	<0.3	<0.08

Таблица 3 - Механические свойства стали 09Г2С при T=20°C

сортамент	σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	KCU, Дж/см ²
Лист 4-10 мм	490	345	18-21	59-64

«При проектировании необходимо учесть устойчивость корпуса резервуара для индивидуального сочетания нагрузок, включающих в себя сейсмическое воздействие, вес хранимого продукта, вес конструкций и теплоизоляции, избыточное давление и вес снегового покрова» [22] [20].

«Для обеспечения прочности и устойчивости резервуаров при эксплуатации, а также для получения требуемой геометрической формы в процессе монтажа на стенках резервуаров устанавливают кольца жесткости» [2].

«Толщина планок крепления начальной кромки, сварные швы, которыми планки привариваются к полотнищу и к кольцам элемента для наворачивания, а также швы, которыми начальная кромка (технологическая надставка) приваривается непосредственно к кольцам, рассчитываются на тяговые усилия, возникающие при сворачивании полотнища. Полотнища стенок резервуаров сворачиваются в рулон с учетом их разворачивания на монтаже в направлении по ходу часовой стрелки» [22].

1.3 Описание базового варианта изготовления стенки РВС

Изготовление стенки начинается с входного контроля металлопроката, проверяется его на соответствие проектной и сопроводительной документации. «Перед подачей в производство металлопрокат необходимо очистить от легко отслаивающейся окалины и ржавчины, влаги, снега, льда и

загрязнений. Разметку рекомендуется выполнять с применением рулеток, соответствующих второму классу точности по ГОСТ 7502, измерительной линейкой по ГОСТ 427 и штангенциркулем по ГОСТ 166, а также другими измерительными инструментами и шаблонами типа УШС-3 с помощью чертилки» [1].

Рекомендуется проводить правку металлопроката способами, исключая образование вмятин, забоин и других повреждений поверхности. «Гибка деталей проводится на прессах, листогибочных и профилегибочных машинах. Выполнение монтажных отверстий рекомендуется производить способами продавливания или сверления. Отклонение диаметра отверстий или их овальность не более 1,5 мм» [1]. «Листовые детали толщиной до 16 мм рекомендуется резать на гильотинных ножницах без последующей обработки кромок строганием или фрезерованием. Кромки деталей обрабатывается до исчезновения неровностей, заусенцев и завалов, превышающих 0,1 мм» [1]. Сборка листов стенки между собой и с листами днища должна выполняться с применением сборочных приспособлений, обеспечивающих проектные зазоры в стыках, совмещение кромок в плоскости и вертикальность образующих поясов стенки после выполнения сварки [11].

«При заводском изготовлении металлоконструкций резервуара одним из основных способов сварки является автоматизированная сварка под флюсом для листовых конструкций. Автоматическая сварка полотнищ на механизированных станах должна осуществляться высокопроизводительными сварочными аппаратами типа А-1316 (А-943) и др.» [1].

«Для сварки соединений конструктивных элементов резервуаров могут применяться следующие сварочные материалы:

- флюсы агломерированные (керамические) и плавленые для автоматической сварки;

- проволоки сплошного сечения для автоматической сварки под флюсом»[11].

«Для сварки автоматической под флюсом при изготовлении стенки резервуара из стали 09Г2С следует использовать комбинацию «флюс-проволока» [1], область применения которых приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Сварочные материалы двусторонней автоматической сварки под флюсом (АФ)

Марка стали	Нормативный предел прочности, МПа	Комбинация «флюс-проволока»			
		Тип флюса	Обозначение стандарта	Диаметр проволоки, мм	Обозначение стандарта
09Г2С	До 530 Вкл.	F7A2-EM 12 K- H8	-	От 2,4 до 3.2	AWS A5.17
		F7A6-EM 12 K	-	От 2,5 до 3.2	AWS A5.17
		-	ГОСТ 9087	От 2,5 до 3.0	ГОСТ 2246
		F8A4-EA2-A2	-	От 2,5 до 3.2	AWS A5.23
		F8A4-EG-G	-	От 2,5 до 3.2	AWS A5.23

Примечание: требования к сварочным материалам проверяются при аттестации.

«Сварка под флюсом осуществляется сварочными тракторами. У крайних поясов окончание швов выполняют на выводных планках» [1]. Провести рентгеноскопию сварочных швов при данном способе изготовления невозможно, в следствие чего производится контроль испытаний, не предусмотренный ГОСТом при производстве РВС. Чаще всего производится контроль методом мел керосин [19].

«Вертикальные стыки листов смежных поясов располагаются в разбежку; расстояние между этими стыками принимается равным половине длины листа»[24].

«Гарантиями высокого качества конструкции является то, что весь процесс производства строится на основе государственных стандартов. В основу исходного материала входит листовая сталь, размером 1500 x 6000 мм

независимо от толщины, которая подвергается специальной обработке. С помощью сложных аппаратов формируют цилиндрическую емкость» [24].

«Каждый пояс стенки резервуара состоит по длине из 2,5 листов. Вертикальное соединение этих листов производится сваркой в стык, а горизонтальное (кольцевое) соединение смежных поясов — внахлест. В последнем случае пояса располагаются телескопически для возможности наложения всех сплошных наружных кольцевых швов в нижнем положении (сверху вниз), при этом внутренние кольцевые швы делаются прерывистыми, толщиной 4 — 6 мм, с длиной шпонки 100 мм и просветом между шпонками 300 мм, поскольку эти швы являются потолочными и нерасчетными (вся нагрузка от покрытия, снега, термоизоляции, веса выше расположенных поясов корпуса и вакуума передается на сплошные наружные швы)»[19].

Сварочное оборудование, которое применяется для выполнения сварочно-монтажных работ следующее:

- Сварочные автоматы типа: А-1316, А-943, «Сварог» МZ 1250 (М310);
- Сварочный трактор ТС17М.

На строительную площадку они поставляются в полной заводской готовности.

«Резервуары становятся готовой продукцией только после того, как они прошли тщательную проверку. В эту проверку входят: соответствие нормам государственных стандартов и жестких стандартов самого предприятия. Также резервуары тестируются на герметичность, на механические нагрузки и предельное давление» [19]. Отсюда следует вывод: метод полностью автоматизирован от производства рулонных конструкций до сборки на монтажной площадке. Краток по времени в сборке и установке. Не требует использования большого количества людских ресурсов. Недостаток — метод не подразумевает применение более толстых сталей.

1.4 Анализ известных и возможных способов изготовления стенки резервуара РВС-100

Метод рулонирования

Рулонирование, как один из промышленных способов изготовления резервуарных металлоконструкций. При таком способе днище, стенка, и крыша резервуара доставляются на площадку в виде сварных полотнищ, свернутых в рулоны (рис. 2)



Рисунок 2 - Установка готового рулонного полотнища

«Этот метод производства вертикальных резервуаров, разработал в 1944 году доктор технических наук Г. В. Раевский из Института электросварки им. Е. О. Патона. В 1948 году на нефтебазе Киева под руководством автора из крупногабаритных рулонных заготовок, сваренных из отдельных листов в заводских условиях был сооружен первый вертикальный резервуар объемом 240 м³» [23].

Чтобы предотвратить изломы при разворачивании рулона, рулон полотнища разворачивается непосредственно до соответствующего диаметра.

Преимущества данного метода состоят в сокращении времени монтажа в 3-4 раза за счет минимизации, в среднем на 80%, сварных работ на

монтажной площадке и обеспечении высокого качества сварных швов за счет использования 2-сторонней автоматической сварки резервуаров в заводских условиях.

Имеются у рулонного метода и некоторые недостатки: очень дорогостоящий; ограничивающий широкое применение из-за допустимой толщины стальных листов для изготовления стенки резервуара; последний вертикальный шов делается на месте установки; проблемно изготовить резервуар правильной формы.

Полистовой метод

Метод производства резервуаров с последующей полистовой сборкой (рис.3) представляет собой предварительное изготовление металлоконструкций из отдельных металлических листов, завальцованных по проектному радиусу резервуара. Метод полистовой сборки при изготовлении позволяет доставлять огромные резервуары на площадку сборки в очень компактном виде.



Рисунок 3 - Полистовой метод сборки

Монтаж резервуара осуществлялся «снизу вверх», то есть с нижнего пояса до верхнего.

«Стенки резервуаров изготавливают и поставляют на монтажную площадку в виде отдельных вальцованных листов. На каждом листе заводом-изготовителем должен быть указан номер плавки и приложена копия сертификата.

Листы первого пояса (укрупненные блоки) устанавливают на крайки по разметке.

Стенку резервуара монтируют с обеспечением устойчивости от ветровых нагрузок, раскрепляя ее расчалками или используя при сборке и сварке металлические подмости, конструкция которых предусматривает восприятие ветровых нагрузок.

Технологию сборки и сварки стенки разрабатывают с учетом обеспечения геометрической формы и допустимых отклонений» [23].

Основные преимущества метода:

- простота в монтаже;
- не применяется тяжелая техника;
- изготовление резервуаров разных объемов;
- высокое качество резервуаров;
- правильная геометрическая форма резервуара.

Недостатки метода: долгий период изготовления; выполнение большого количества сварных швов; привлечение большого количества квалифицированных специалистов.

Метод подъема.

«Это разновидность полистового способа. Большая часть работ выполняется на земле.

Технология производства работ выглядит следующим образом:

- подъемная установка фиксируется в проектном положении;
- угловые швы между оболочкой и днищем удаляются;
- верхняя оболочка и крыша поднимаются выше последнего монтируемого ряда оболочки;

- листы в новом слое оболочки устанавливаются и закрепляются на проектном положении, под поднятым резервуаром;
- выполняются вертикальные швы между стальными листами;
- частично смонтированный резервуар опускается и выполняются горизонтальные стыковые соединения между текущим и новым слоем;
- заключительно выполняется сварка угловых швов между оболочкой и днищем» [19].

«Преимущества метода следующие:

- Сварочные операции выполняются на земле;
- Легкий доступ и проще контроль за сварными соединениями;
- Строительные леса не требуются;
- Большая часть сварных швов выполняется под возведенной крышей» [19].

Смешанный метод

«Это метод, который является комбинацией из листового метода и рулонного, где дно, сделано из рулонов листового проката, а оболочка, сделана полистовым методом, крыша собирается из щитов. Этот метод сочетает в себе преимущества рулонного и полистового методов. Эта технология позволяет ускорить монтажа с использованием относительно малой механизации»[23].

«В настоящее время на производстве активно применяются все 4 вышеописанных метода. Чаще всего, специалисты стараются прибегать к тем способам, которые способствуют отказу от сложной механизации и не требуют использования дополнительных рабочих материалов»[23].

Таким образом, для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработка технологического процесса РВС-100;
2. Выбор оборудования и приспособлений для изготовления стенки.

2 Технологический процесс изготовления стенки резервуара РВС-100

В качестве основного метода сооружения резервуаров принят метод рулонирования, при котором стенки, днища, изготавливают и поставляют на монтажную площадку в виде рулонированных полотнищ, а покрытия и другие конструкции – укрупненными элементами.

«Изготовление и монтаж резервуарных конструкций необходимо производить с соблюдением правил техники безопасности и охраны труда, предусмотренных главой СНиП по технике безопасности в строительстве, правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, а также правил Ростехнадзора, “Правил пожарной безопасности при производстве строительно-монтажных работ” и “Правил пожарной безопасности при производстве сварочных и других огневых работ на объектах народного хозяйства”, утвержденных ГУПО МВД СССР» [1].

2.1 Подготовка металла в цеху

«Погрузку, разгрузку и транспортирование стали необходимо осуществлять таким образом, чтобы исключить возможность повреждения кромок профилей или листов и получения ими остаточных прогибов в результате пластических деформаций, вызванных неправильной строповкой. Стропы должны обеспечивать надежное закрепление перемещаемого металла, а их крепление к металлу не должно приводить к образованию вмятин, заминов и других дефектов на кромках металла»[1].

«Захватывать пакеты листов при погрузке со склада и в других случаях необходимо с помощью четырех ветвевых стропов, имеющих захваты с широким зевом. Захватывать отдельные листы при межоперационных транспортировках следует электромагнитными и вакуумными захватами, а также другими способами, исключающими повреждения кромок и остаточные прогибы листов»[1].

«Межоперационное транспортирование металла в цехах следует осуществлять в контейнерах или по конвейеру»[1].

Разметку производят рулеткой (второй класс точности) по ГОСТ 7502-80, и линейкой по ГОСТ 427-75. Учитываются припуски на усадку от сварки, обработку и др.

Правку листов осуществляют способами, которые не образуют вмятин, задиров и других повреждений. Правку выполняют на 13-валковых листопрямильных машинах.

Запрещается правка наплавкой валиков.

2.2 Подготовка кромок

«Для придания листам прямоугольной формы с заданными размерами производится обработка кромок. Размеры листов после обработки должны удовлетворять следующим допускаемым отклонениям: а) для ширины листа - $\pm 0,5$ мм; б) для длины листа - $\pm 1,0$ мм; в) разность длин диагоналей - не более 3 мм; г) угол между плоскостью листа и плоскостями обработанных кромок - $90^\circ \pm 1$ »[1]

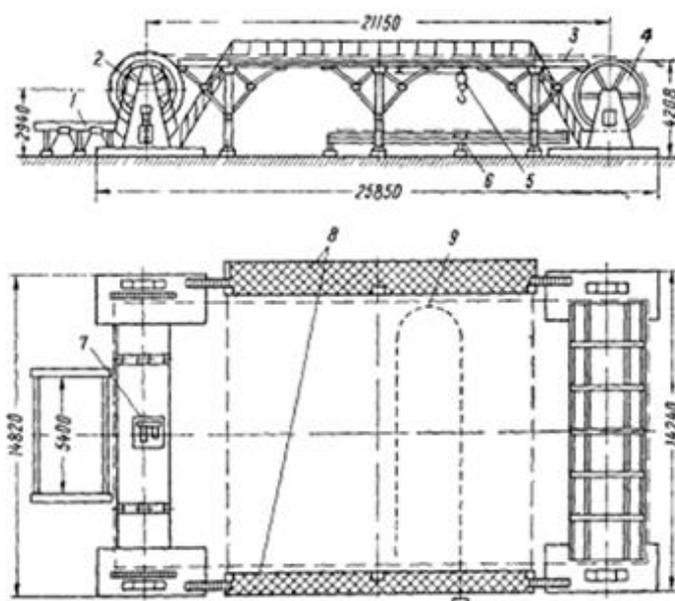
«Кромки листов должны обрабатываться, как правило, строжкой или фрезерованием. Форма и качество кромок должны удовлетворять требованиям главы СНиП о правилах производства и приемки работ для металлических конструкций и ГОСТ 8713-70» [1].

«При обработке кромок под сварку допускается применение резки (без последующей обработки) способами, обеспечивающими соблюдение допусков на размеры и форму подготовки кромок, при этом отклонения прямолинейных кромок от проектного очертания определяются допусками на зазоры, установленными ГОСТ 5264-80, ГОСТ 8713-79 и ГОСТ 14771-76» [1].

2.3 Сборка рулонов в цеху

«Сборку, сварку и рулонирование полотнищ стенок и днищ резервуаров осуществляют на специальных двухъярусных механизированных станах (рис. 4) со сборкой и первоначальной сваркой полотнищ на верхнем ярусе»[19].

«Сборку полотнищ на станах осуществляют механизированным способом без прихваток. Свариваемые встык листы точно устанавливают относительно друг друга и удерживают в таком положении в процессе сварки посредством прижимов» [1].



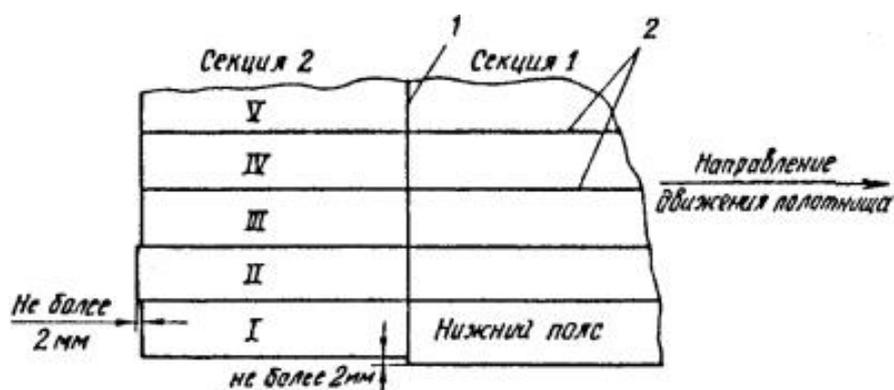
1 — стеллаж для готового рулона, 2 —устройство сворачивающее о; 3 — стеллаж второго яруса; 4 - барабан направляющий; 5 — тельфер, 6 — стеллажи первого яруса с электромагнитами; 7 — привод сворачивающего устройства; 8 — площадки; 9 — монорельс тельфера

Рисунок 4 - Двухъярусный стан для сворачивания рулонных конструкций

«Сборку полотнищ на стандах осуществляют с помощью прихваток. Настил яруса станда, на котором производится сборка полотнищ, должен быть выверен в горизонтальной плоскости и не иметь неровностей (выпучин, вмятин, наплавленного металла), затрудняющих сборку полотнищ» [1].

Раскладку листов осуществляют траверсой с электромагнитными захватами.

Сборку полотнища производят с нижнего пояса. Листы размещаются по специальным упорам перпендикулярно намоточного и кантовочного барабанов в стыках полотнища без выступов кромок. По нижней кромке полотнища выступ секции должен быть не более 2мм (рис.5).



1 - стык поперечный; 2 - стыки продольные

Рисунок 5 - Схема сборки полотнища

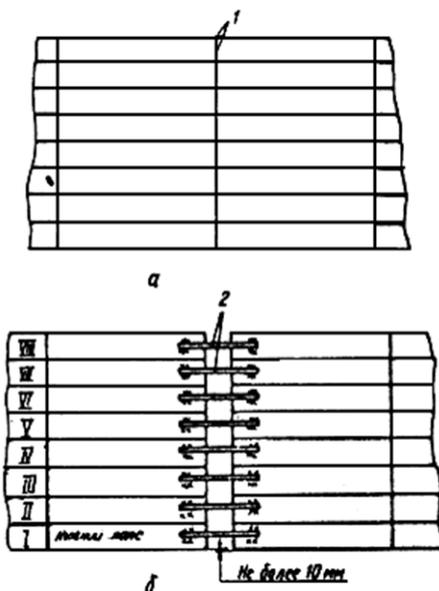
«При сборке листов встык зазор между кромками по условиям автоматической сварки под флюсом не должен превышать 2 мм, а превышение одной кромки над другой при равной толщине листов не должно быть более 10% толщины стыкуемых листов, при разной толщине - более разности толщин двух стыкуемых листов плюс 10% толщины более тонкого из листов. Смещение осей стыков в местах пересечения поперечных (вертикальных) и продольных (горизонтальных) швов полотнища не должно быть более 2 мм» [1].

В процессе сборки полотнища нужно контролировать его прямолинейность и ширину задней кромки, которая не должна иметь уступов более 2 мм.

«Листы, собранные в секции, соединяются между собой прихватками. Длина прихваток не менее 50 мм, расстояние между ними 200-500 мм в зависимости от толщины собираемых листов. Прихватки не должны иметь подрезов и незаплавленных кратеров» [1].

«Временные (прихваточные) швы при сборке конструкций следует выполнять сварочными материалами тех же марок, какие используются при сварке конструкций. Требования к качеству прихваток такие же, как и к сварным швам. Прихватки должны выполнять рабочие, имеющие право на производство сварочных работ и соответствующие удостоверения» [1].

«Соединять отдельные полотнища между собой на стендах следует с интервалом не более 1 м при помощи полос шириной 100 мм, толщиной 4 - 8 мм (рис. 6). Полотнища днища соединяются между собой или с полотнищами стенки полосами различной длины. Смещение нижних кромок соседних полотнищ относительно друг друга не должно превышать 10 мм» [1].



а - на стане механизированном; б - на стенде двухъярусном; 1 - прихватки автоматом сварочным; 2 - планки соединительные

Рисунок 6 - Схема соединения полотнищ

2.4 Сварка рулонов в цеху

Сварка резервуарных конструкций или их отдельных узлов должна производиться только после проверки правильности их сборки.

«Сварка резервуарных конструкций производится автоматической и полуавтоматической сваркой под флюсом» [1].

«Сварку резервуарных конструкций следует производить по заранее разработанному и систематически контролируемому технологическому

процессу, устанавливающему последовательность сборочно-сварочных работ, способы сварки, порядок наложения швов и режимы сварки, диаметры и типы электродов, диаметры и марки электродной проволоки, требования к другим сварочным материалам. Технологический процесс должен предусматривать операции, обеспечивающие геометрические размеры швов и механические свойства соединений в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и проектов» [1].

«Сварка должна производиться при стабильном режиме, установленном технологическим процессом, с допускаемыми отклонениями силы тока и напряжения дуги - $\pm 5\%$ »[1].

«Автоматическую сварку следующих конструкций разрешается производить без подогрева: а) из углеродистой стали толщиной до 30 мм, если температура стали не ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, а при больших толщинах не ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$; б) из низколегированной стали толщиной до 30 мм, если температура стали не ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, а при больших толщинах стали - не ниже $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Автоматическая сварка при температурах ниже указанных может производиться только на повышенных режимах, обеспечивающих увеличение тепловложения и снижение скорости охлаждения»[1].

«При температуре стали ниже $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ сварку следует производить от начала до конца шва без перерыва, за исключением времени, необходимого на смену электродной проволоки и на зачистку шва в месте возобновления сварки. Прекращать сварку до выполнения шва проектного размера и оставлять не заваренными отдельные участки шва недопустимо. В случае вынужденного прекращения сварки процесс следует возобновлять после подогрева стали в соответствии с технологическим процессом, разработанным для свариваемых конструкций» [1].

«Автоматическая сварка полотниц на механизированных станах должна осуществляться высокопроизводительными сварочными аппаратами типа А-1316 (А-943) и др. Аппараты должны обеспечивать

механизированную подачу и уборку флюса, газоотсос, а также автоматическое поддержание постоянного вылета электродов» [1].

«Сварка полотнищ на стендах должна осуществляться сварочными автоматами типа ТС 17М и др. монолитной проволокой под флюсом.

Для увеличения производительности автоматы могут быть переоборудованы под сварку расщепленным электродом. Сварочные автоматы должны быть снабжены контрольно-измерительными приборами (вольтметром и амперметром), а также указателем направления сварки. Разрешается устанавливать контрольно-измерительные приборы на ярусах установок у источников питания с периодическим контролем (не реже одного раза в смену) режимов сварки с помощью лабораторных приборов» [1].

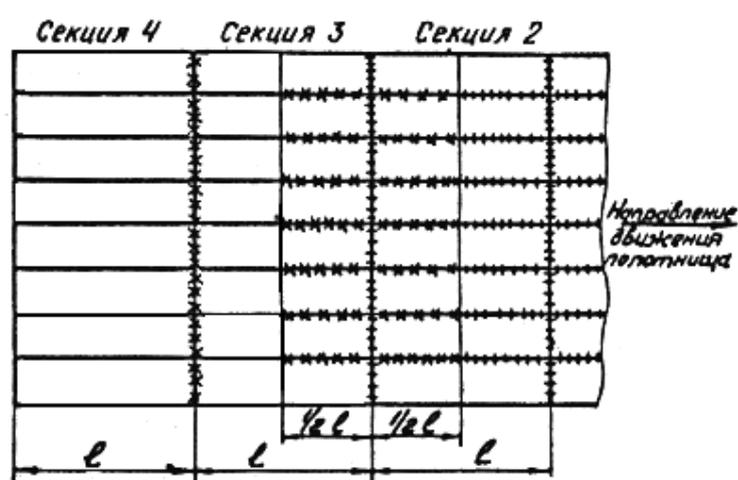
«Режимы (диаметр сварочной проволоки, род и полярность сварочного тока, величина сварочного тока, напряжение дуги, скорость сварки, скорость подачи проволоки, вылет электрода) автоматической сварки полотнищ выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла, они должны обеспечивать глубину провара равную не менее чем 60% минимальной толщины свариваемых листов. Для получения стабильного глубокого провара поперечных швов следует применять общий прижим полотнища (например, пневмоприжим) к медной прокладке» [1]. «При необходимости последующей вырезки контрольных образцов выводные планки, применяемые для начала и окончания поперечных сварных швов, изготавливают из двух состыкованных и скрепленных прихватками пластин металла, идентичного по марке и толщине металлу полотнища. Во всех остальных случаях выводные планки могут изготавливаться из любой стали»[1].

«Поперечные стыки полотнищ стенок резервуаров следует совмещать в одну прямую линию. Разрешается сборка вразбежку всех или части поперечных стыков. Величина разбежки должна быть не менее 500 мм. Порядок сварки первичных швов должен быть предусмотрен таким образом,

чтобы первоначально сваривались более ответственные поперечные стыки полотнищ»[1].

«Сварка первичных (поперечных и продольных) швов на механизированных станах должна производиться с общим пневмоприжимом к медной подкладке по всей длине свариваемых кромок и при включенных боковых и продольных толкателях, удерживающих собранные листы в проектном положении. Усилие прижима должно обеспечивать плотное и надежное прижатие свариваемых кромок к медным подкладкам. Допускается зазор между листом и медной подкладкой не более 1,0 мм» [1].

«Перед автоматической сваркой стыковых швов с обратной стороны (на нижнем ярусе) стыки должны быть тщательно очищены от протекшего металла первичных швов. Режимы сварки полотнищ с обратной стороны должны обеспечивать полный провар корней швов, сваренных на верхнем ярусе (не менее 60% минимальной толщины листов). Для уменьшения угловых деформаций следует соблюдать такой порядок наложения вторичных сварных швов на полотнище: сначала сваривать продольные стыки от середины одной секции через поперечный стык к середине другой секции в направлении движения полотнища, а затем поперечный стык» (рис. 7)[1].



*****- свариваемые стыки; - ----- ранее сваренные стыки

Рисунок 7 - Последовательность сварки полотнищ с совмещенными поперечными стыками

2.5 Монтаж резервуаров непосредственно на месте установки из рулонизируемых конструкций

«До начала монтажа должны быть выполнены следующие работы:

- сооружено и принято основание под резервуар и под шахтную лестницу, оформлены акты на скрытые работы по подготовке и устройству насыпной подушки, а также гидроизолирующего слоя под резервуар;

- устроены временные проезды (не менее двух) к основанию резервуара;

- спланирована кольцевая площадка вокруг основания для работы крана и других строительных механизмов»[1];

- проведена электроэнергия, трубопровод воды для гидроиспытания.

«Начинают с укладки и монтажа днища»[1]. Укладывают в проектное положение окрайки, контролируя правильность их укладки с помощью разметочного приспособления, закрепленного в центре основания.

«Подъем рулонов рекомендуется производить краном с поворотом вокруг шарнира или трактором с помощью А-образной стрелы или шарнира» [9].

«Перед подъемом рулонов стенки любым способом необходимо произвести следующие подготовительные работы» [1]:

- так установить шарнир для подъема, чтобы поднятый рулон занял исходное положение для начала разворачивания;

- рулон на шарнир уложить краном. Приподняв нижний конец рулона, подвести под него шарнир и закрепить рулон к ложу шарнира с помощью крепежного устройства. Верхний конец рулона опирается на клеть из шпал высотой 300-500 мм, располагаемую под вторым кольцом каркаса, считая от торца рулона;

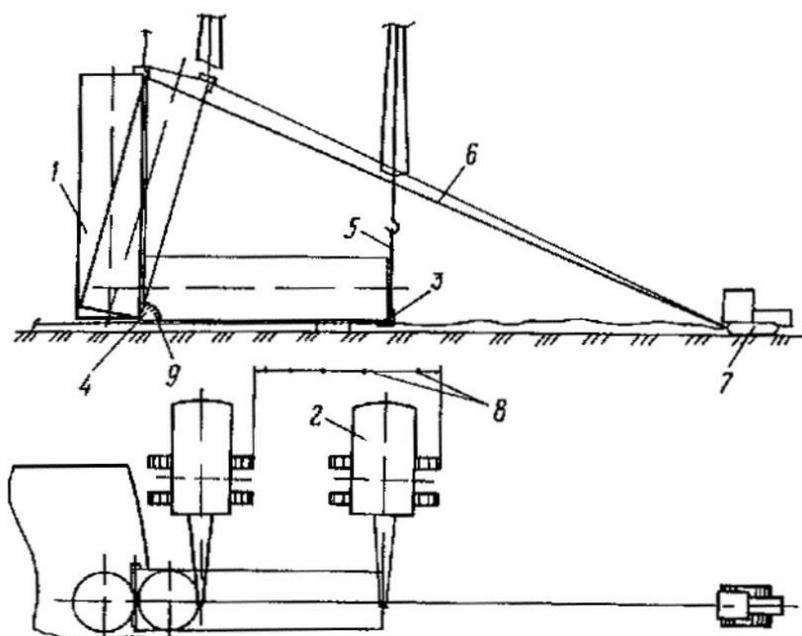
- «на первый рулон стенки рядом с вертикальной кромкой на расстоянии приблизительно 800 мм закрепить трубу жесткости с тремя расчалками, придающую жесткость начальной кромке полотнища»[1];

- «к нижнему торцу рулона закрепить поддон из листовой стали толщиной 6-8 мм и диаметром на 500 мм больше диаметра рулона. Поддон со стороны днища обильно смазать солидолом»[1];

д) «проверить перпендикулярность осей рулона и шарнира. Ось рулона, тяговый и тормозной (удерживающий) канаты должны находиться в одной вертикальной плоскости. Произвести проверку такелажной оснастки путем пробного подъема рулона на 100-200 мм с выдержкой в течение 10 мин »[1].

«При подъеме рулонов краны устанавливают на специально подготовленные горизонтальные площадки с уплотненной поверхностью, способной выдержать давление 0,6 МПа»[1].

«Подъем рулонов стенки следует осуществлять с помощью крана, перемещающегося в процессе подъема (рис. 8) Строповку осуществляют с помощью захвата, устанавливаемого на верхней кромке рулона, и каната, закрепленного к шарниру. Кроме того, к захвату крепят тормозной канат»[1].



1 - рулон стенки; 2 - кран; 3 - захват для подъема рулона; 4 - шарнир; 5 - грузовой канат; 6 - тормозной канат; 7 - тормозной трактор; 8 - реперы, определяющие этапы перемещения крана; 9 - угловой сектор

Рисунок 8- Подъем рулона стенки краном, перемещающимся в процессе подъема

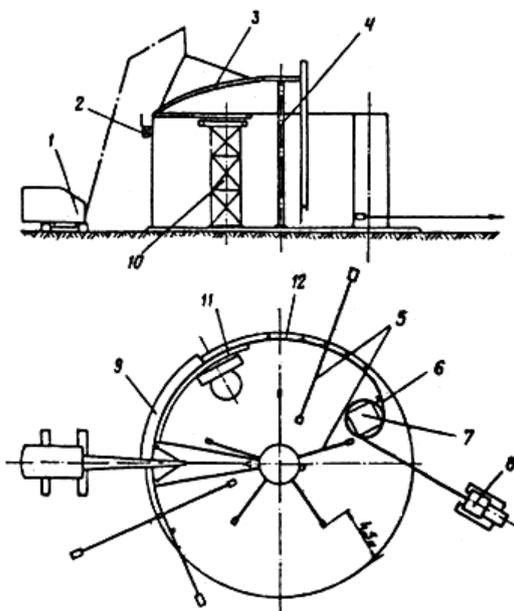
До начала разворачивания рулона стенки к днищу резервуара по кольцевой риске приваривают ограничительные уголки с интервалом 250-300 мм. В зоне вертикального монтажного стыка на расстоянии 2,5-3,5 м в обе стороны от стыка ограничительные уголки приваривают по окончании формообразования концов полотнищ (рис. 9) [1].



1 - уголок ограничительный; 2 - стенка резервуара; 3 - прихватка;
4 – приварка

Рисунок 9- Приварка ограничительных уголков для резервуара, объемом до 20000 м³

«Разворачивание рулона (рис. 10) производят трактором с помощью каната и тяговой скобы, привариваемой к рулону.»[1].

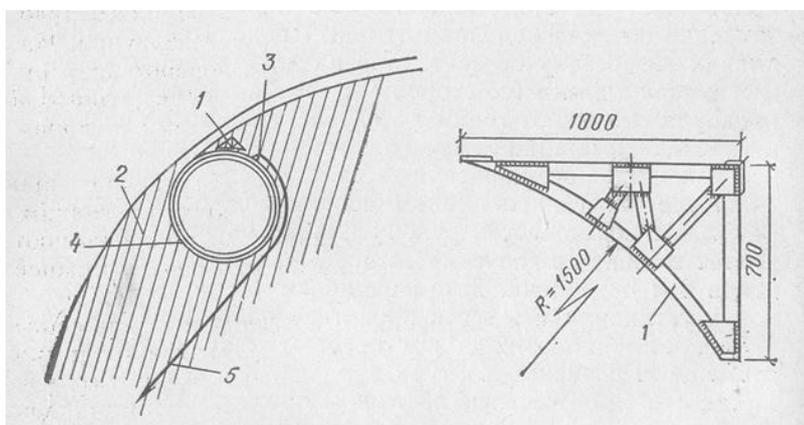


1 - кран; 2 - леса навесные; 3 - щит покрытия; 4 - стойка монтажная; 5 - расчалки;
6 - упор клиновой; 7 - рулон стенки; 8 - трактор; 9 - кольцо жесткости; 10 - стойка для монтажа кольца опорного; 11 - кольцо опорное; 12 - развернутая часть полотнища стенки

Рисунок 10- Схема разворачивания рулона стенки, установки элементов опорного кольца и кольца жесткости, щитов покрытия

Последовательность разворачивания рулона следующая:

- приваривают тяговую скобу в первое положение;
- срезают удерживающие планки;
- упоры предохранительные используют от случайного сворачивания рулона, их вставляют между стенкой и рулоном (рис. 11).
- ослабляют натяжение каната тяговой скобы до прижатия рулона к клиновому упору и погашения упругих деформаций полотна;
- приваривают вторую тяговую скобу с канатом, снимают первую скобу и продолжают разворачивание рулона.



1 – упор клиновой; 2 - днище; 3 – скоба для крепления тягового каната; 4 – рулон; 5 – канат тяговый

Рисунок 11 - Упор клиновой предохранительный

По мере разворачивания рулонов полотнище стенки прижимают к ограничительным уголкам, прихватывают и приваривают к днищу резервуара.

2.6 Сварка на монтажной площадке

Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом должна производиться сварщиками, прошедшими обучение и получившими об этом соответствующие удостоверения. Сварщики должны на месте работы пройти испытание в условиях, тождественных с теми, в которых будет выполняться сварка конструкций. Клеймо сварщика, который выполняет шов, должно

располагаться около шва сварного соединения, на расстоянии не менее 100 мм от границы шва.

«К сварке вертикальных сварных соединений стенки следует приступать после сборки, контроля основных параметров кромок стыков, проверки вертикальности стенки, приемки и жесткого закрепления в требуемом положении не менее четырех листов пояса» [11].

«Сварку вертикальных соединений следует выполнять в соответствии с указаниями настоящего документа, проекта производства сварочно-монтажных работ, на режимах, представленных в технологических картах» [11].

Порядок наложения сварных швов показан на рисунке 12.

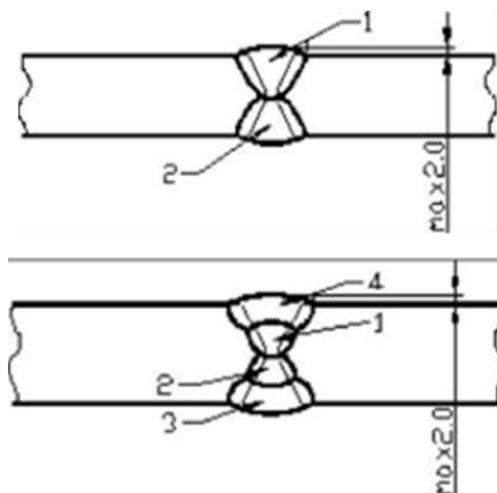


Рисунок 12 - Схема выполнения вертикального сварного шва стенки 5 мм

«На кромках листов и прилегающих к ним зонах металла шириной не менее 20 мм, а также в местах примыкания выводных планок и в зазорах между деталями не должно быть влаги, ржавчины, окалины, различных загрязнений» [1].

«При двусторонней сварке швов стыковых сварных соединений, а также угловых и тавровых сварных соединений с разделанными кромками со сквозным проплавлением необходимо перед выполнением шва с обратной стороны очистить корень шва до чистого бездефектного металла» [1].

При вынужденном перерыве в работе сварку разрешается продолжить после очистки концевого участка шва длиной 50 мм и кратера от шлака. Этот участок и кратер следует полностью перекрыть швом.

Начало и конец стыкового шва сварных соединений, выполненных автоматической сваркой, должны выводиться за пределы свариваемых деталей на начальные и выводные планки. Зажигать дугу и выводить кратер на основной металл конструкции за пределы шва запрещается.

Таблица 5 - Температура окружающего воздуха, при которой разрешается производить ручную и механизированную сварку стальных конструкций без подогрева

Толщина стали, мм	температура стали минимально допустимая, °С	
	низколегированной 09Г2С ГОСТ 5058-65*	
	Швы сварных соединений в конструкциях	
	решетчатых	листовых объемных и сплошно-стенчатых
До 16	-20	-20

«При более низких температурах сварку стали указанных толщин следует производить с предварительным подогревом до температуры 120 - 160 °С, на ширину 100 мм с каждой стороны соединения»[1].

Режимы сварки, рекомендуемые при сварке вертикальных соединений стенки приведены в таблицах 6.

Таблица 6 - Режимы сварки вертикальных стыков стенки автоматической сваркой под флюсом

Тип шва	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Род(полярность) тока	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи проволоки, м/ч	Вылет электрода, мм
односторонний	3	450-550	Постоянный (обратная)	34-38	30-40	98-102	32-35

Швы сварных соединений и конструкций по окончании сварки должны быть очищены от шлака, брызг и натеков металла. Приваренные сборочные приспособления надлежит удалять без применения ударных воздействий и повреждения основного металла, а места их приварки зачищать до основного металла с удалением всех дефектов [1].

2.7 Контроль сварных соединений

«Сварные соединения рулонизируемых полотнищ контролируют в следующем порядке: а) наружный осмотр сварных соединений с проверкой размеров; б) контроль герметичности сварных соединений; в) контроль физическими методами без разрушения сварного соединения. Периодически производится механическое испытание контрольных образцов, вырезанных из выводных планок»[1].

«Наружный осмотр сварных соединений производят как после сварки стыков с одной стороны на верхнем ярусе (первичных швов), так и после сварки с обратной стороны на нижнем ярусе (вторичных швов). Наружному осмотру подвергают все сварные швы рулонизируемых полотнищ. Швы очищают от шлака и тщательно осматривают на всем протяжении. Осмотр производят невооруженным глазом и в сомнительных случаях через лупу 7-10-кратного увеличения для выявления в сварных соединениях возможных дефектов. Контроль размеров сварного шва и выявленных дефектов производят измерительным инструментом, имеющим точность измерения $\pm 0,1$ мм, или специальными шаблонами»[1].

«По внешнему виду сварные швы должны иметь гладкую или равномерно-чешуйчатую поверхность и не иметь резкого перехода к основному металлу. Подрезы основного металла на поперечных швах не допускаются. На продольных швах подрезы основного металла допускаются глубиной не более 0,5 мм при толщине стали до 10 мм и не более 1 мм при толщине стали свыше 10 мм»[1].

«Сваренные с обеих сторон и исправленные после наружного осмотра соединения, проверяют на плотность вакуумным методом при помощи вакуум-камер на тележках»[1].

«При создании разрежения над контролируемыми участками перепад давления должен составлять не менее 0,067 МПа (500 мм. рт. ст.) для сварных соединений листов толщиной 4 мм и не менее 0,08 МПа (600 мм рт. ст.) для соединений листов большей толщины. Выделение воздуха под камерой тележки в местах неплотностей обнаруживается по образованию пузырей в нанесенном на сварное соединение мыльном или другом индикаторном растворе»[1]

«В качестве неразрушающих (физических) методов контроля сварных соединений следует применять просвечивание проникающими излучениями (рентгенографирование или гаммаграфирование). Просвечивание производится в соответствии с ГОСТ 7512-75. Чувствительность снимков должна быть не ниже 2,0%»[1]

Сварочные швы испытывают гидравлическим методом

«Резервуары объемом до 20000 м³, залитые водой до проектной отметки, испытывают на гидравлическое давление выдерживанием под нагрузкой (без избыточного давления) не менее 24 ч» [1].

3 Выбор оборудования и приспособлений для изготовления стенки резервуара РВС-100

В перечень оборудования и приспособлений для изготовления стенки резервуара входят: различные измерительные приспособления – рулетки, штангенциркули, линейки соответствующие второму классу точности (рис. 13), фрезерные станки и ножницы гильотинные, краны мостовые, траверсы с электромагнитными вакуумными захватами и сборочный кондуктор.



Рисунок 13 - Измерительные приспособления

Для обработки металла до исчезновения неровностей, заусенцев и завалов, зачистка до металлического блеска применяются фрезерные станки типа 6620, гильотинные ножницы НГГ-В4016 (рис. 14).

Характеристики:

- V рез = 5-1000 мм/мин;
- Р приж = 94кН;
- $\alpha = 30^\circ$ -угол разделки;
- с – $1,8 \pm 0,8$ мм – притупление.



Рисунок 14 - Ножницы гильотинные НГГ-В4016

Мостовой однобалочный кран (рис. 15) – грузоподъемная конструкция, предназначенная для перемещения негабаритных грузов по 3 осям.

Характеристики:

грузоподъемность – 10 т.



Рисунок 15 – Мостовой однобалочный кран

Траверы с электромагнитными вакуумными захватами (рис. 16) – это автоматический грузозахватный механизм для подъема и транспортировки стали, чугуна и отходов металлопроизводства.



Рисунок 16 - Траверы с электромагнитными вакуумными захватами

Вальцовочный станок (рис. 17) предназначен для придания листу цилиндрической формы различного радиуса.



Рисунок 17- Станок вальцовочный гидравлический STALEX HSR-2070x6,5

Характеристики:

- Все три вала приводятся в движение гидравлической системой
- Цилиндры протяжного ролика регулируются синхронно
- Положение протяжного ролика при его перемещении вверх и вниз отображается на цифровом дисплее,
- Все валки выполнены из высококачественного стального сплава и закалены
- Жёсткая стальная конструкция обеспечивает точную и плавную работу механизмов и долгий срок службы
- Верхний валок откидывается для беспрепятственного извлечения обработанной заготовки
- Ножная педаль управления движением вперёд/назад снабжена защитным кожухом

Сборочный кондуктор (сварочный манипулятор) (рис. 18), это приспособление для сборки и закрепления деталей для сварки. Основа сварочного кондуктора – это жёсткий каркас, оснащённый фиксаторами, упорами и прижимами.



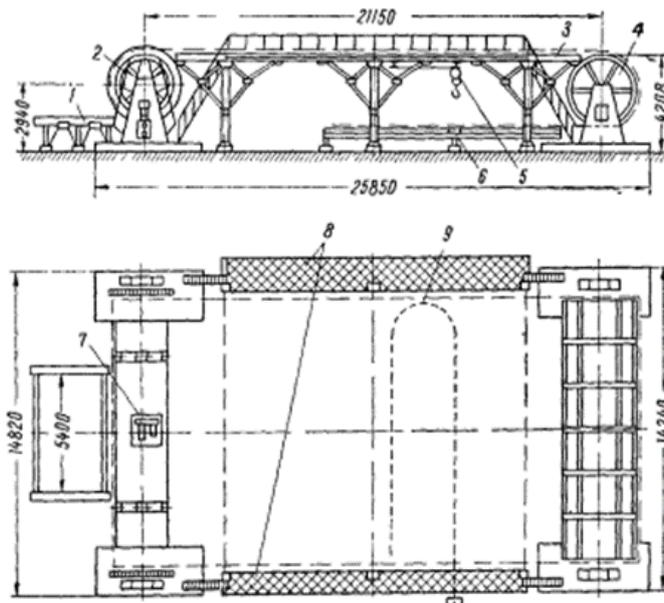
Рисунок 18 – Сборочный кондуктор

Сварочный трактор ТС-17М (рис. 19) является самоходным устройством для сварки любых швов в нижнем положении, в котором подача сварочной проволоки и перемещение происходит автоматически. «Тракторы обеспечены полным комплектом сменных бегунков и могут настраиваться на необходимый тип шва. Подача проволоки в зону сварки осуществляется от одного асинхронного электродвигателя типа МАГ-2, при 2900 об/мин, мощностью 0,2 к ВТ. Скорость подачи проволоки и настройка трактора на заданную скорость сварки достигаются за счет сменных шестерен» [25]. Работает в комплекте с ВДУ-1250, ВДУ-1202 и т.п. [25].



Рисунок 19 – Трактор сварочный ТС-17М

«Заводское сворачивание полотниц стенки производится на специальном двухъярусном стенде. Конструкция двухъярусного стенда представлена на рисунке 20» [19].



1 — стеллаж для готового рулона, 2 — устройство сворачивающее; 3 — стеллаж второго яруса; 4 - барабан направляющий; 5 — тельфер, 6 — стеллажи первого яруса с электромагнитами; 7 — привод сворачивающего устройства; 8 — площадки; 9 — монорельс тельфера

Рисунок 20 - Двухъярусный стенд для сворачивания рулонных конструкций

«Стенд - это металлическая конструкция с двумя рабочими площадками (8). На первой рабочей площадке производится сборка и сварка полотнища с одной стороны. Листы собирают с помощью электромагнитов (6). В задней части стенда устроен свободно вращающийся решетчатый барабан (4) диаметром 3300 мм, в передней части — сворачивающее устройство с жестким механическим приводом (2) (рис. 21)» [19]

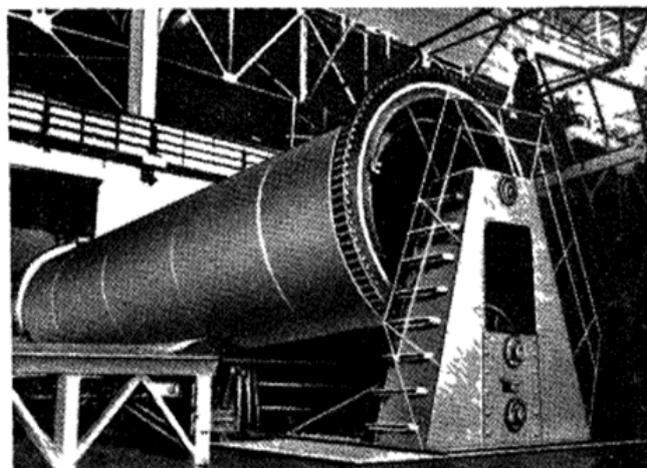


Рисунок 21 – Сворачивающее устройство стенда

«Полотнище наворачивают на решетчатый каркас, в качестве которого применяют шахтные лестницы или центральные стойки, оснащенные кольцами из швеллеров диаметром 2660 мм, соответствующим внутреннему диаметру сворачивания. Торцовые площадки каркаса соединяют с планшайбами при помощи четырех выдвижных штырей с каждой стороны. В конце сворачивания после закрепления конечной кромки рулона под ним при помощи домкратов поднимают выкатные балки. Освобожденные от нагрузки штыри выводят из зацепления с каркасом, и рулон выкатывают на стеллаж»[19].

Для контроля сварных швов физическими методами (рентгенографирование) применяют рентгеновские аппараты типа РАП 150/300-10 (рис.22)



Рисунок 22- Рентгеновский аппарат типа РАП 150/300-10

Характеристики:

- $U=10-300$ кВ;
- $I=10$ мА;
- Размер фокусного пятна 1,5 мм;

Излучатель $\varnothing 90 \times 450$.

Подъемом рулонов стенки осуществляют автокранами типа Liebherr LTM 1050-3.1 (рис. 23), грузоподъемность от 50т, высота подъема от 54 м, max вылет стрелы от 44 м., длина стрелы экскаватора 5,9м.



Рисунок 23- Автокран Liebherr LTM 1050-3.1

Сварка резервуаров на сборочной площадке осуществляется сварочными автоматами типа «Сварог» MZ 1250 (310), А-1316 , автомат ТС 17М. (рис. 24).



Рисунок 24- Сварочный аппарат «Сварог» MZ 1250(310)

Сварку стенки с дном выполняют автоматической сваркой тавровыми соединениями. Первым выполняется наружный шов, потом внутренний.

Контроль сварных соединений проверяют вакуумной рамкой или керосином (рис. 25)



Рисунок 25- Вакуумная рамка

Наружный осмотр-100%, контроль герметичности-100%, время проникновения керосина выдержка 2-8 часов.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта

При изготовлении стенки резервуара опасность представляют машины и установки под напряжением, а также выполнение сварочных работ. Технологический процесс изготовления стенки резервуара РВС-100 характеризуется прилагаемым технологическим паспортом (табл. 7.).

Таблица 7 - Технологический паспорт технического объекта

Технологический процесс ¹	Технологическая операция, вид выполняемых работ ²	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию ³	Оборудование, техническое устройство, приспособление ⁴	Материалы, вещества ⁵
1	2	3	4	5
Технологический процесс и оборудование для изготовления стенки резервуара РВС-100	Входной контроль	Мастер участка	Измерительные приспособления	сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций, ветошь, ацетон
	Подготовка металла Подготовка кромок Гибка Сборка рулонов в цеху	Слесарь	Ножницы гильотинные, кран мостовой однобалочный, траверсы с электромагнитными вакуумными захватами	

Продолжение таблицы 7

1	2	2	4	5
	Сварка рулонов в цеху	Электрогазосварщик	Сборочный кондуктор, сварочный трактор, двухъярусный стенд для сворачивания рулонных конструкций, механизированный стан для сварки рулонных конструкций	сварочная проволока AWS A5.17, флюс F7A2-EM12K-H8
	Контроль сварных соединений в цеху Контроль сварных соединений на площадке	Дефектоскопист	рентгеновский аппарат вакуумная рамка	керосин
	Доставка рулонов на площадку Подготовка площадки Развертывание рулонов Монтаж резервуара	Водитель автомобиля Машинист бульдозера Машинист автокрана Машинист экскаватора, Стропальщик	автокран, бульдозер экскаватор	ГСМ
	Сварка резервуара в полевых условиях	Электрогазосварщик	сварочный аппарат «Сварог» MZ 1250 (310)	флюс F7A2-EM12K-H8

4.2 Идентификация профессиональных рисков

«Проведена идентификация возникающих профессиональных рисков по осуществляемому производственно-технологическому процессу изготовления стенки резервуара РВС-100, выполняемым технологическим операциям, видам производимых основных и вспомогательных работ. В качестве опасных и вредных производственно-технологических факторов идентифицированы следующие» [9]: повышенный шум, воздействие рентгеновского облучения, влияние показателей климата, электромагнитные поля, опасность термических ожогов, опасность поражения электрическим током, а также опасность получения механических травм и повреждений. Результаты идентификации профессиональных рисков приводятся в табличном виде, приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Идентификация профессиональных рисков.

№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция	Вредный и /или опасный производственный фактор	Источники вредного и / или опасного производственного фактора
1	2	3	4
	Подготовка металла	Повышенный шум	Работа шлифовальных машин, работа фрезеровочных и вальцовочных станков, ножниц гильотинных, работа автомобилей, экскаватора и бульдозера

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4
	Контроль сварных соединений	Воздействие рентгеновского излучения	Рентгеновский аппарат для контроля сварных соединений
	Монтажные работы в полевых условиях	Отклонение показателей климата	Воздействие сильного ветра, солнечных лучей, повышенной влажности воздуха, осадки атмосферные, воздействие высоких и низких температур
	Монтажные работы в цеху	Поля электромагнитные	Траверы с электромагнитными вакуумными захватами
	Сварка	Опасность термических ожогов во время сварки	Сварочные аппараты, раскаленный шлак, сварка полужакрытой и открытой электрической дугой сопровождающаяся выделением мощной тепловой и лучистой энергий
	Работа электроинструмента	Опасность воздействия электрического тока	Прикосновение человека к двум незащищенным токоведущим частям (полюсам) фазам, электроустановок, находящихся под напряжением

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4
	Монтажные работы	Опасность механических повреждений.	Прикосновением Получение травм при обработке металлических конструкций, изготовлении, транспортировке стенки и сооружении резервуара Работы на высоте.

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Статья 209 Трудового кодекса определяет профессиональный риск как вероятность причинения вреда здоровью сотрудника в ходе выполнения должностных обязанностей. Данные риски возникают при воздействии на работника вредных факторов производства, которые обусловлены спецификой технологического процесса. Итогом проведенного анализа работ при изготовлении стенки резервуара РВС-100, сформирован комплекс мер, который призван минимизировать воздействие вредоносных факторов на работников и обеспечивают сохранение здоровья и работоспособности. Результат приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов.

№ п/п	вредный и / или опасный производственный фактор	Технические средства защиты и организационно- технические методы, частичного снижения, полного устранения вредного и / или опасного производственных факторов	Индивидуальные средства защиты работника
1	2	3	4
1	Повышенный шум	Использование технологических низкошумных процессов, низкошумных машин и технологий, оборудование машин средствами управления дистанционного, применение персоналом рациональных режимов отдыха и труда	Противошумные каска и шлемы, защитные очки, спецодежда, рукавицы, наушники, противошумные вкладыши

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4
2	Воздействие рентгеновского излучения	Полная автоматизация процесса; Уменьшение продолжительности работы в зоне излучения; Управление дистанционное; Экранирование источников излучения; Постоянный контроль за уровнем ионизирующего излучения Использование работниками СИЗ и выставление знака радиационной опасности;	Просвинцованный фартук из резины, сапоги болотные с защитным подноском, перчатки с полимерным покрытием, перчатки диэлектрические, галоши (боты) диэлектрические, очки защитные
3	Отклонение показателей климата	Создание комфортных условий работы и оптимальных параметров микроклимата	Костюм хлопчатобумажный, сапоги резиновые, ботинки кожаные, кепка, перчатки х/б и с полимерным покрытием. Шапка-ушанка, валенки прорезиненные или сапоги кожаные утепленные, костюм утепленный зимний, белье нательное утепленное

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4
3	Электромагнитные поля радиочастот	Ограждение источника излучения или рабочего места; Использование средств индивидуальной защиты; ограничение времени пребывания в зоне действия ЭМП радиочастот; ограждение зон с повышенным уровнем ЭМП радио частот; максимальное увеличение расстояния	Комплекты экранирующие индивидуальные
4	Опасность термических ожогов во время сварки	Обеспечение защиты рабочих от брызг металла и падения огарков электродов, наличие специальных сумок для сбора огарков электродов, наличие несгораемых защитных настилов, оснащение вытяжной вентиляцией; сооружение навесов из негорючих материалов для защиты от прямых солнечных лучей и осадков	Оснащение защитными стеклами, применение брезентовой спецодежды с огнестойкой пропиткой, ботинок кожаных, спилковых или брезентовых перчаток, диэлектрические перчатки, галоши и коврики, при работе «лежа» - диэлектрический резиновый ковер.

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4
5	<p>Опасность поражения электрическим током;</p>	<p>Наличие предупреждающих, запрещающих, указательных и предписывающих знаков и плакатов, высокая дисциплина, профессиональная подготовка работников и прохождение проверки знаний, оформление работ нарядом-допуском, допуск к работе, надзор во время работы</p>	<p>Штанги изолирующие, изолирующие клещи, указатели напряжения, электроизмерительные клещи, перчатки диэлектрические, боты диэлектрические, галоши диэлектрические, изолирующие накладки, изолирующие колпаки на жилы кабелей, приставные изолирующие лестницы и стремянки</p>
6	<p>Опасность механических повреждений.</p>	<p>Оформление наряда-допуска . Проведение инструктаж с обязательной росписью в журнале инструктаж и наряде-допуске, Обеспечение исправности оборудования Обеспечение безопасности рабочих мест на высоте, Определение последовательности установки конструкции, обеспечение устойчивости машин и оборудования</p>	<p>Соблюдение техники безопасности и правил производственной безопасности. Применение лестниц, настилов, монтажных люлек, ограждений, мобильных рабочих платформ; Не допущение нахождения посторонних лиц на монтажной площадке</p>

4.4 Обеспечение пожарной безопасности

Для предотвращения несчастных случаев на рабочих местах должны соблюдаться правила пожарной безопасности. Это комплекс мер, направленных на устранение факторов пожара и его проявлений, которые могут нанести вред здоровью или жизни человека, и привести к порче имущества.

При изготовлении стенки резервуара РВС-100 «проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара. (таблица 10). Разработанные технические средства и организационные меры по обеспечению пожарной безопасности приведены в таблице 11» [9].

Таблица 10 – Определение классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5	6
1	Сборочный цех	Электрооборудование, связанное с подготовкой, обработкой и сваркой металла	А, Е	пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; ограничение видимости в дыму	Осколки и крупные части разрушившихся строительных зданий, инженерных и транспортных средств, энергетических и технологических установок, произведенной и/или хранящейся продукции и материалов, образующиеся токсичные вещества, замыкание электрооборудования

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6
2	Монтажная площадка	Автомобильная техника	В	пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; ограниченная видимость, угроза взрыва ГСМ	образующиеся токсичные вещества, негативные термохимические воздействия на человека, получение травмы

Таблица 11 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
противогазы, респираторы, асбестовое полотно, огнетушители, или углекислотные ОУ-10 или один огнетушитель ОП-100 (ОП-50 2 шт.); лопаты, ведра, топор, лом, лестницы	пожарные автомобили, пожарные мотопомпы, дополнительные баки и насосы, а также цистерны с тушащим веществом	стационарные автоматические установки и пожаротушения – вертикальные и горизонтальные металлические трубопроводы с соединительными головками на стенах здания	извещатели пожарные, приборы приемного контроля пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией	Огнетушители, пожарные гидранты, стволы, шкафы, вентили, насосы, пожарные рукава, пожарные щиты и стенды, пожарный инвентарь.	Теплозащитная или теплоотражающая одежда, скафандры, перчатки, краги, дополнительное диэлектрическое снаряжение, изолирующие противогазы и самоспасатели для защиты органов дыхания	Немеханизированный инструмент – пожарные багры, крюки, топоры, столярные ножовки, гидравлические ножницы для резки арматуры. Ручной механический инструмент – пневмомолотки, пневмозаглушки и пневмопистолеты	Система пожарной сигнализации и оповещения о пожаре – датчики извещатели, световые извещатели, тепловые извещатели, ручные извещатели, пожарная сигнализация

Поскольку большую часть времени рабочий персонал проводит в

зданиях, основное внимание должно уделяться обеспечению пожарной безопасности зданий. Профилактика пожаров традиционно сводилась к обучению техники безопасности и мерам по предупреждению пожаров. На сегодняшний день круг мероприятий расширен и включает в себя проверку и утверждение проектов строительства, контроль за выполнением норм по пожарной безопасности, сбор данных, а также инструктажи и обучение. В таблице 12 приведены организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Таблица 12. – Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Технологического процесса	Виды реализуемых организационно-технических мероприятий	Нормативные требования предъявляемые по обеспечению пожарной безопасности
1	2	3
Изготовление стенки резервуара РВС-100	Контроль материалов, оборудования;	Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
	Активное ограничение распространения огня с использованием средств пожарной сигнализации, систем автоматического пожаротушения и огнетушителей	ГОСТ 12.03.047-2012 «Пожарная безопасность технологических процессов»

Продолжение таблицы 12

1	2	3
	<p>Устройство систем, ограничивающих распространение огня, дыма, жара и газов за счет секционирования помещений; Эвакуация людей в безопасное место; Ограничение количества горючих веществ и их размещение.</p>	<p>ГОСТ 12.03.003-86 ССБТ Работы электросварочные требования безопасности ПОТ Р М 020-2001 Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах</p>

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Современное промышленное производство это базовая составляющая современной жизни человека, но его неконтролируемое развитие может привести к непоправимым экологическим последствиям. Основными факторами воздействия промышленности на окружающую среду являются:

- образование жидких и твёрдых отходов;
- выброс в атмосферу неочищенных промышленных газов, содержащих продукты горения и токсичные вещества;
- сброс промышленных сточных вод в водные объекты;
- добыча полезных ископаемых;
- повышенная концентрация промышленных объектов на ограниченной территории;
- развитие промышленных производств в наиболее чувствительных к антропогенному воздействию природных зонах.

В таблице 13 приведена идентификация возможных негативных

экологических факторов, оказывающих отрицательное воздействие при изготовлении стенки резервуара РВС-100 на окружающую среду.

Таблица 13. – Установление вредных экологических факторов технического объекта

Технологический процесс	Структурные составляющие технического объекта, производственного-технологического процесса	Негативное воздействие объекта на атмосферу	Негативное воздействие объекта на гидросферу	Негативное воздействие объекта на литосферу (почву,
Изготовление стенки резервуара РВС-100	Обработка металла, окраска и сварка. Работа автомобильного транспорта, монтажные работы	Загрязнение вредными выбросами в атмосферу, шум, вибрация, электромагнитные излучения; разрушение озонового слоя Мероприятия: внедрение очистных фильтров на предприятиях; использование экологически безопасных источников энергии; использование безотходной технологии производства; борьба с выхлопными газами автомобилей.	Увеличение отходов производства. Переработка отходов в специально предназначенных для этого местах, не допущение сброса отходов в водные источники. Необходимо проводить следующие мероприятия: горюче-смазочные материалы и бытовые утилизируются в специально отведенных для этого местах; вывоз отходов должен быть своевременным; ремонт и мойку машин, проводить в отведенных для этого местах	Засорение почв тяжелыми металлами (свинцом), вредными химическими веществами, полученными в ходе технологических процессов Мероприятия: высадка деревьев, создание гидротехнических сооружений; рекультивация почвы, внесение удобрений.

С целью защиты окружающей среды необходимо внедрение в

производство природоохранных мероприятий, указанных в таблице 14.

Таблица 14 – Организационно-технические мероприятия по снижению отрицательного действия на окружающую среду технического объекта.

Технологический объект	РВС-100
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	<ul style="list-style-type: none"> — внедрять современные очистные фильтры на предприятиях; — использовать экологически безопасные источники энергии; — использование безотходной технологии производства; — борьба с выхлопными газами автомобилей.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	<p>Горюче – смазочные материалы должны быть слиты в отведенные для этого места; бытовые и промышленные отходы должны утилизироваться в специально отведенные для этого места; вывоз строительного мусора должен быть своевременным и санкционированным; мойку и ремонт машин осуществлять только в отведенных для этого местах; проводить модернизацию очистных сооружений.</p>
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	<ul style="list-style-type: none"> - высадка лесных насаждений; - рекультивация земель, - создание гидротехнических и мелиоративных сооружений; - внесение удобрений.

5 Экономическое обоснование ВКР

В выпускной квалификационной работе рассмотрена базовая технология сборки и сварки стенки резервуара РВС-100 рулонным методом, пригодным для монтажа резервуаров с данным объемом. Стенка изготавливается из стали марки 09Г2С с применением автоматизированной сварки под флюсом.

По проекту применяется автоматическая сварка под флюсом.

Таблица 15 – Данные для расчета экономической эффективности изготовления стенки резервуара РВС-100

Экономические показатели	условное обозначение	Единицы измерения	Базовый вариант
1	2	3	4
Количество смен в день	$K_{см}$	-	1
Разряд работника	P_p	-	6
Тарифная ставка работника	$C_ч$	руб/час	250
Коэффициент, определяющий затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1
Коэффициент дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12
Коэффициент доплат к основной заработной плате	K_d	-	1,88
Процент на социальные нужды	$K_{соп}$	%	30
Процент на амортизацию оборудования	H_a	%	21,5
Процент на амортизацию производственных площадей	$H_{а·пл}$	%	5
Общая площадь под оборудование	S	м ²	2100
Цена на производственные площади	$Ц_{пл}$	руб/м ²	28000
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эсп}$	(руб/м ²)/год	2000
Процент на транспортные расходы	$K_{т-з}$	%	5

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4
Цена на производственные площади	$\Pi_{пл}$	руб/м ²	28000
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эсп}$	(руб/м ²)/год	2000
Процент на транспортные расходы	$K_{т-э}$	%	5
Процент на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{монт}$ $K_{дем}$	%	3
Стоимость оборудования	$\Pi_{об}$	Тыс. руб.	66150
Доля затрат на производственную площадь	$K_{пл}$	-	3
Установленная мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	98
Стоимость электрической энергии	$\Pi_{э-э}$	руб/ кВт	6,74
Коэффициент полезного действия оборудования	КПД	-	0,7
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33
Коэффициент доли цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5
Коэффициент доли заводских расходов	$K_{зав}$	-	1,15

Расчет времени работы оборудования:

Время работы определим по формуле:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см}, \quad (1)$$

где $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены в часах;

D_p – общее число рабочих дней в календарном году;

$D_{п}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

$T_{п}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

$K_{см}$ – количество рабочих смен.

Подставляя данные в формулу (5.1) получаем:

$$F_H = (247 \cdot 8 - 4 \cdot 1) \cdot 1 = 2188 \text{ ч.}$$

Расчитаем время работы сварочного оборудования по формуле:

$$F_3 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (2)$$

где B – процент потерь рабочего времени.

Подставляя данные в формулу (5.2) получим:

$$F_3 = 2188 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2035 \text{ ч.}$$

Расчет штучного времени:

Время на выполнение сварочной операции расчитаем по формуле:

$$t_{шт} = t_{очн} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}, \quad (3)$$

где $t_{шт}$ – штучное время в часах, затраченное на выполнение всех операций;
 $t_{очн}$ – основное время в часах, затраченное на выполнение основной операции. Считается по формуле:

$$t_{очн} = \frac{L_{шв}}{V_{шв}} \quad (4)$$

где $L_{шв}$ - сумма длин всех швов, м $\sum L_{шв} = 74,4$ м;

$V_{св}$ - скорость сварки, м/ч, $V_{св пр.} = 38$ м/ч., $V_{св. баз} = 26$ м/ч

Определяем основное время по формуле (5.4):

$$t_{очн пр} = 74,4/38 = 1,96 \text{ ч}$$

$$t_{очн баз} = 74,4/26 = 2,86 \text{ ч}$$

$t_{всп}$ – вспомогательное время, затраченное для выполнения подготовительных операций, в процентах от машинного времени: $t_{всп} = 10\%$ от $t_{очн}$;

$t_{обсл}$ – время обслуживания, затраченное на обслуживание, текущий и мелкий ремонт оборудования, в процентах от машинного времени:

$t_{обсл} = 5\%$ от $t_{очн}$;

$t_{отл}$ – время личного отдыха, затраченное работником на отдых, в процентах от машинного времени: $t_{отл} = 5\%$ от $t_{очн}$;

$t_{п-з}$ – время подготовительно-заключительное, затраченное на выполнение

подготовительно- заключительных операций, в процентах от машинного времени: $t_{\text{оп-з}} = 1\%$ от $t_{\text{осн}}$.

Найдем штучное время по формуле (5.3) по проектному и базовому методам:

$$t_{\text{шт пр.}} = 1,96 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2,37 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт баз.}} = 2,86 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 3,46 \text{ ч.}$$

Подсчет годовой программы проведения сварочных работ проведем по формуле:

$$П_{\text{г}} = \frac{F_{\text{э}}}{t_{\text{шт}}}, \quad (5)$$

где $F_{\text{э}}$ – время работы оборудования;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время в часах на одно изделие;

Проведем по формуле (5.5) подсчет годовой программы:

$$П_{\text{г}} = 2035 / 2,37 = 858,6 \text{ изделий в год};$$

Следующие расчёты экономической эффективности проведем согласно годовой программе $П_{\text{г}} = 858,6$ изделий в год.

Количество сварочного оборудования, для выполнения технологического процесса, вычислим по формуле:

$$n_{\text{расч}} = \frac{t_{\text{шт}} \times П_{\text{г}}}{F_{\text{э}} \times K_{\text{вн}}}, \quad (6)$$

где $П_{\text{г}}$ – годовая программа – количество изделий, необходимое сварить за календарный год;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, затрачено на выполнение всех операций;

$F_{\text{э}}$ – время работы оборудования, задействованного операций;

$K_{\text{вн}}$ – коэффициент, определяющий временные затраты на выполнение нормы.

Подставим в формулу (5.6) значения переменных, получим:

$$n_{\text{расч.}} = \frac{858,6 \times 2,37}{2035 \times 1,1} = 0,91$$

Из расчётов по определению времени работы оборудования штучного времени, сделаем вывод о количестве сварочного оборудования. Для выполнения процесса нужно одну единицу технологического оборудования.

Подсчёт коэффициента загрузки оборудования проведем по формуле:

$$K_z = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (7)$$

где $n_{\text{расч}}$ – количество оборудования, для выполнения операций;

$n_{\text{пр}}$ – принятое количество оборудования, для выполнения процесса.

Подставив в формулу (5.7) численные значения, получим:

$$K_z = 0,91 / 1 = 0,91$$

Подсчет заводской себестоимости сварки:

При сварке применяются сварочные материалы. Затраты на материалы вычисляем по формуле:

$$M = C_m \cdot N_p + K_{\text{т-з}}, \quad (8)$$

где C_m – цена сварочного материала по каталогам предприятий;

N_p – норма расхода сварочного материала.

- проволока сварочная – 170 р/кг, норма расхода – 0,292 кг/м (по проектному способу);

- флюс - 100 р/кг, норма расхода – 0,465 кг/м (по проектному способу);

- сумма длин всех швов – 74,4 м.

Рассчитаем стоимость материала на выполнение операций по технологическому процессу по проектному способу:

$$M_{\text{пр}} = (170 \times 0,292 \times 74,4) + (100 \times 0,465 \times 74,4) + 5\% = 7510,44 \text{ руб}$$

- проволока сварочная – 170 р/кг, норма расхода – 0,400 кг/м (по базовому способу);

- норма расхода газа – 0,465 кг/м (по базовому способу)

$$M_{\text{баз}} = (170 \times 0,400 \times 74,4) + (100 \times 0,135 \times 74,4) + 5\% = 7655,8 \text{ руб}$$

$K_{\text{т-з}}$ – процент на транспортно-заготовительные расходы.

Фонд заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной

платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$.

$Z_{\text{осн}}$ основную заработную плату рассчитаем по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \times C_{\text{ч}} \times K_{\text{д}}, \quad (9)$$

где $C_{\text{ч}}$ –тарифная ставка работника;

$K_{\text{д}}$ –процент на формирование доплат к основной заработной плате.

При подставлении численных значений в формулу (5.9), получим:

$$Z_{\text{осн. пр}} = 2,37 \cdot 250 \cdot 1,88 = 1113,9 \text{рублей};$$

$$Z_{\text{осн. баз}} = 3,46 \cdot 250 \cdot 1,88 = 1626,2 \text{рублей};$$

$Z_{\text{доп}}$ дополнительную заработную плату рассчитаем по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \times Z_{\text{осн}}, \quad (10)$$

где $K_{\text{доп}}$ –процент на формирование дополнительной заработной платы

Подсчитаем дополнительную заработную плату по формуле (5.10):

$$Z_{\text{доп пр.}} = 1113,9 \cdot 12/100 = 133,67 \text{рублей};$$

$$Z_{\text{доп баз.}} = 1626,2 \cdot 12/100 = 195,14 \text{рублей};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{пр}} = 1113,9 + 133,67 = 1247,57 \text{рублей};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{баз}} = 1626,2 + 195,14 = 1821,34 \text{рублей}$$

$O_{\text{сн}}$ отчисления на страховые взносы подсчитаем по формуле:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}}/100, \quad (11)$$

где $K_{\text{сн}}$ –процент от заработной платы на страховые взносы.

По формуле (5.11) вычислим отчисления на страховые взносы:

$$O_{\text{сн пр.}} = 1247,57 \cdot 30/100 = 374,27 \text{рублей};$$

$$O_{\text{сн баз.}} = 1821,34 \cdot 30/100 = 546,4 \text{рублей};$$

$Z_{\text{об}}$ затраты на содержание и эксплуатацию оборудования вычислим по формуле:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}}, \quad (12)$$

где $A_{об}$ –потери на амортизации оборудования;

$P_{э-э}$ –затраты на электроэнергию при выполнении процесса;

Потери на амортизацию оборудования определим по формуле:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \times N_a \times t_{маш}}{F_э \times 100}, \quad (13)$$

где $C_{об}$ – цена оборудования определённая по каталогам;

N_a –процент на амортизацию оборудования;

$t_{МАШ}$ – машинное время затраченное на выполнение основной операции;

$F_э$ –время работы оборудования.

По формуле (5.13) вычислим потери на амортизацию:

$$A_{об.пр} = \frac{66150000 \times 21,5 \times 2,37}{2035 \times 100} = 16563,5 \text{ рублей};$$

$$A_{об.баз} = \frac{66150000 \times 21,5 \times 3,46}{2035 \times 100} = 24181,3 \text{ рублей};$$

Затраты на электроэнергию найдем по формуле:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \times t_{маш} \times C_{э-э}}{КПД}, \quad (14)$$

где $M_{уст}$ –мощность всего оборудования;

$C_{э-э}$ –стоимость электроэнергии;

КПД –коэффициента полезного действия оборудования.

По формуле (5.14) подсчитаем затраты на электроэнергию:

$$P_{э-э пр.} = \frac{98 \times 2,37 \times 6,74}{0,7} = 2236,33 \text{ рублей};$$

$$P_{э-э баз.} = \frac{98 \times 3,46 \times 6,74}{0,7} = 3264,8 \text{ рублей};$$

$$З_{об.пр} = 16563,5 + 2236,33 = 18799,83 \text{ рублей};$$

$$З_{об баз.} = 24181,3 + 3264,8 = 27446,2 \text{ рублей};$$

$C_{тех}$ технологическую себестоимость вычислим по формуле:

$$C_{ТЕХ} = M + ФЗП + Осс + З_{ОБ} \quad (15)$$

По формуле (5.15) рассчитаем показатель технологической себестоимости:

$$C_{\text{ТЕХ.}} = 7510,44 + 1247,57 + 374,27 + 18799,83 = 27932,11 \text{ рублей};$$

$$C_{\text{ТЕХ. баз}} = 7655,8 + 1821,3 + 546,4 + 27446,2 = 37496,7 \text{ рублей};$$

$C_{\text{ЦЕХ}}$ цеховую себестоимость рассчитаем по формуле:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \times K_{\text{ЦЕХ}} \quad (5.16)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент, определяющий долю цеховых расходов.

По формуле (5.16) рассчитаем показатель цеховой себестоимости:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = 27932,11 + 1113,9 \times 1,5 = 29602,96 \text{ рублей};$$

$$C_{\text{ЦЕХ баз}} = 37496,7 + 1626,2 \times 1,5 = 29602,96 \text{ рублей};$$

$C_{\text{ЗАВ}}$ заводскую себестоимость рассчитаем по формуле:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \times K_{\text{ЗАВ}} \quad (16)$$

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент, определяющий долю заводских расходов:

По формуле (5.17) рассчитаем показатель заводской себестоимости:

$$C_{\text{ЗАВ пр}} = 29602,96 + 1113,9 \times 1,15 = 30883,94 \text{ рублей};$$

$$C_{\text{ЗАВ баз}} = 39936,0 + 1626,2 \times 1,15 = 41806,13 \text{ рублей}$$

Расчеты технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического а также стоимость всех затрат на изготовление стенки резервуара стального РВС-100 процесса сведём в таблицу 16.

Таблица 16 – Подсчеты технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки по проектному и базовому методам сварки

№ п/п	Показатели	Проектный	Базовый
1	Материалы	7510,44	7655,8
2	Фонд заработной платы/день	1247,57	1821,3
3	Отчисления на соц нужды	374,27	546,4
4	Затраты на содержание оборудование	18799,83	27446,2
5	Себестоимость технологическая	27932,11	37496,7
6	Себестоимость цеховая	29602,96	39936,0
7	Себестоимость заводская	30883,94	41806,13
8	Затраты на электроэнергию	2236,33	3264,8
9	Амортизация оборудования	16563,5	24181,3
Итого затрат		135150,95	184154,63

Заключение

В данной выпускной квалификационной работы приведена характеристика производственно-технологического процесса изготовления стенки резервуара РВС-100, проанализированы методы изготовления стенки

резервуара РВС-100, перечислены технологические операции, выбрано оборудование и приспособления.

«Рассмотрен ряд организационно-технических мероприятий по снижению профессиональных рисков, подобраны конкретные средства индивидуальной защиты для работников, осуществляющих данный производственно-технологический процесс. «Разработаны организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности заданного технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара с разработкой дополнительных (альтернативных) технических средств и организационных мер по обеспечению пожарной безопасности» [9].

В экономической части выпускной квалификационной работы рассчитаны затраты на изготовление стенки резервуара стального РВС-100 по базовому и проектному методам сварки. Были подсчитаны расходы на материалы, оплату труда, амортизацию.

Таким образом, рассмотренный технологический процесс изготовления стенки резервуара РВС-100 является самым оптимальным, следовательно позволяет снизить трудоёмкость данного процесса, повысить производительность изготовления стенки РВС-100, что и являлось целью работы.

Список используемой литературы

1. Ведомственные строительные нормы ВСН 311-81. Составители: И.С. Гольденберг, Е.Т. Кузнецов, А.И. Шитиков, Б.В. Поповский,

Г.А. Ритчик, Г.С. Чолоян, В.М. Григорьев, В.Н. Нищев, Е.С. Резниченко.

2. ГОСТ 31385-2008 «Межгосударственный стандарт резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов»;
3. ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. ПОТ Р М 020-2001 Правила разработаны в соответствии с действующими нормативными правовыми актами Российской Федерации с учетом международной и отечественной практики безопасного проведения электро- и газосварочных работ.
4. ГОСТ 12.1.003-83 «Система стандартов безопасности труда. Шум»
5. ГОСТ 12.1.002-84. ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.
6. ГОСТ 12.1.029-80 (СТ СЭВ 1928-79). ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.СТО-СА-03-002-2009 «Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов», Москва 2009г.;
7. ГОСТ 12.1.045-84 «ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»
8. ГОСТ ССБТ Пожарная безопасность
9. Л.Н. Горина, М.И. Фесина, Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта», Учебно-методическое пособие, Тольятти 2016.
10. Казаков Ю.В., «Магистерская диссертация: учебно-методическое пособие по выпускной квалификационной работе». Тольятти: ТГУ, 2018.
11. РД-25.160.10-КТН-001-12 Инструкция по технологии сварки, строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров. Сайт;
12. РД 03-614-03 и РД-03.120.10-КТН-001-11 «Порядок применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов»
13. Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 23.12.2014 № 1101н

14. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах
15. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»
16. Статья «Современное состояние проблем обеспечения надежности резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов». Э.Ш. Гайсин, преподаватель кафедры транспорта и хранения нефти и газа ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет
17. СТО 0048-2005. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для хранения жидких продуктов. Правила проектирования.
18. СТО-СА-03-002-2009 «Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов», Москва 2009г
19. alua.ru Завод резервуарных конструкций «СтройТехМаш» (ЗРК СТМ); Методы монтажа стальных резервуаров [электронный ресурс]
20. gazovikoil.ru, Компания «Газовик нефть», Резервуары РВС-100м³ [электронный ресурс]
21. <http://mybiblioteka.su/tom2/2-52554.html> [электронный ресурс].
22. mashteh.ru Саратовского резервуарного завода «САРРЗ», Конструкция стенок резервуар [электронный ресурс]
23. www.nprommz.ru, Производственное объединение «РЕМСТРОЙМАШ», Основные методы монтажа резервуаров, [электронный ресурс]
24. vzrk.ru ПО "Волгоградский Завод Резервуарных Конструкций», [электронный ресурс]
25. t25-tractor.ru Сварочный трактор ТС-17М [электронный ресурс]