

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Отделение электронной инженерии  
 Направление 15.03.01 Машиностроение

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Технология сборки и сварки вертикального резервуара 10000м<sup>3</sup></b>

УДК 621.791.754`293`264.052.014:622.692.23

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Вяткин Артем Витальевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Князьков Анатолий Федорович	к. т. н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Жаворонок А.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев Милий Всеволодович			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина Анна Александровна	к. т. н.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Отделение электронной инженерии  
 Направление 15.03.01 Машиностроение

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Першина А.А.  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В41	Вяткин Артем Витальевич

Тема работы:

Технология сборки и сварки вертикального резервуара 10000м <sup>3</sup>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.03.2019 г., №1860/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2019 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Рулонные заготовки для сборки и сварки резервуара вертикального 10000м<sup>3</sup>.</p>
--	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Аналитический обзор литературы</li> <li>2 Характеристика материала изделия</li> <li>3 Выбор способа сварки</li> <li>4 Обоснование выбора сварочных материалов</li> <li>5 Выбор сварочного оборудования</li> <li>6 Разработка технологии сварки</li> <li>7 Контроль качества сварных соединений</li> <li>8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>9 Социальная ответственность</li> <li>10 Заключение по работе</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Титульный лист</li> <li>2 Эскиз деталей для сборки вертикального резервуара</li> <li>3 Характеристика способа сварки</li> <li>4 Оборудование для сварки</li> <li>5 Технологические особенности сварки швов резервуара</li> <li>6 Контроль качества сварных соединений</li> <li>7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность; Социальная ответственность</li> <li>8 Заключение</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>Раздел</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p style="text-align: center;">Жаворонок Анастасия Валерьевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p style="text-align: center;">Гуляев Милий Всеволодович</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	01 апреля 2019 г.
---	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Князьков Анатолий Федорович	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Вяткин Артем Витальевич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 Уровень образования бакалавриат  
 Отделение электронной инженерии  
 Период выполнения весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2019 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.04.2019 г.	Аналитический обзор литературы	10
19.04.2019 г.	Характеристика материала изделия	10
23.04.2019 г.	Выбор способа сварки	10
27.04.2019 г.	Обоснование выбора сварочных материалов	10
30.04.2019 г.	Выбор сварочного оборудования	10
04.05.2019 г.	Разработка технологии сварки	10
08.05.2019 г.	Контроль качества сварных соединений	10
11.05.2019 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
16.05.2019 г.	Социальная ответственность	10
18.05.2019 г.	Заключение по работе	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Князьков А. Ф.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А. А.	к.т.н.		

## Реферат

Ключевые слова: резервуар вертикальный стальной, защитный газ, механизированная сварка, источник питания, вертикальный шов, уторный шов.

Объектом выпускной квалификационной работы является технология сборки и сварки резервуара вертикального стального, на примере выполнения вертикального и уторного шва.

Цель работы – рассмотрение возможности использования механизированной сварки в среде защитных газов и оборудования для уменьшения разбрызгивания электродного металла.

Степень внедрения: технология готова к внедрению в производство.

Область применения: строительство резервуаров вертикальных стальных с возможностью производства в условиях Крайнего Севера.

Экономическая эффективность работы: уменьшение разбрызгивания электродного металла, сокращает расход электродной проволоки и необходимость зачистки свариваемого металла от брызг.

## Определение обозначения, сокращения, нормативные ссылки

### Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия (с Изменениями N 1-5).
2. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3).
3. ГОСТ 18442-80 Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования (с Изменениями N 1, 2).
4. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод (с Изменением N 1).
5. ГОСТ 8050-85. Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия (с Изменениями N 1, 2).
6. ГОСТ 14782-86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
7. ГОСТ 19281-2014 Прокат повышенной прочности. Общие технические условия.
8. ГОСТ 31385-2016 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия.
9. СП 365.1325800.2017 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для хранения нефтепродуктов. Правила производства и приемки работ при монтаже.

## Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

резервуар вертикальный цилиндрический стальной: Наземное строительное сооружение, предназначенное для приема, хранения, измерения объема и выдачи жидкости. [ГОСТ 31385-2016, пункт 3.1]

корпус резервуара: Соединенные между собой стенка, днище и крыша резервуара, образующие открытый или закрытый сверху сосуд, в котором содержится хранимый продукт. [ГОСТ 31385-2016, пункт 3.11]

нахлесточное соединение: Сварное соединение двух листов, расположенных параллельно и частично перекрывающих друг друга.

окрайки днища резервуара: Листы днища, располагаемые по периметру центральной части в зоне опирания стенки, замкнутые в кольцо.

стационарная крыша: Неподвижная конструкция, перекрывающая всю площадь зеркала хранимого продукта, служащая для предотвращения попадания атмосферных осадков в 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. [ГОСТ 31385-2016, пункт 3.2]

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 кроме зоны, перекрываемой затвором.

пояс стенки резервуара: Цилиндрический участок стенки, состоящий из листов одной толщины; при этом высота пояса равна ширине одного листа.

расчалка: Тонкий трос, стальная проволока, натянутая в каком-либо направлении для соединения частей конструкции в определенном положении.

## Обозначение и сокращения

В данной работе применены следующие сокращения:

ВИК - визуальный и измерительный контроль;

МК - магнитопорошковый контроль;

НК - неразрушающий контроль;

ПВ - продолжительность включения;

ПВК - контроль проникающими веществами, капиллярный;

ПВТ - контроль проникающими веществами, течеискание;

ПН - продолжительность нагрузки;

РВС - резервуар вертикальный стальной со стационарной крышей (без понтона);

РВСП - резервуар вертикальный стальной со стационарной крышей (с понтоном);

РВСПК - резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей;

РД – ручная дуговая сварка;

РК - радиационный контроль;

УЗК - ультразвуковой контроль;

STT - Surface Tension Transfer, передача поверхностного натяжения.

## Оглавление

Введение	12
1 Аналитический обзор литературы	13
1.1 Описание РВС	13
1.1.1 Днище РВС	14
1.1.2 Стенка РВС	15
1.1.3 Крыша РВС	20
2 Характеристика основного материала	22
2.1 Химический состав и свойства стали	22
2.2 Технологическая свариваемость материала	22
3 Выбор способа сварки	24
3.1 Ручная дуговая сварка	24
3.2 Механизированная сварка в среде CO <sub>2</sub>	25
3.3 Перенос электродного металла за счет сил поверхностного натяжения	28
4 Выбор сварочных материалов	30
4.1 Углекислый газ (CO <sub>2</sub> )	30
4.2 Выбор сварочной проволоки	31
5 Выбор сварочного оборудования	33
6 Разработка технологии сварки	39
7 Контроль качества	46
7.1 Визуально измерительный контроль	46
7.2 Радиографический метод контроля	47
7.3 Ультразвуковой контроль	48
7.4 Вакуумный метод	49
7.5 Капиллярный метод	50
8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	53
8.1 Планирование научно-технических работ	53
8.1.1 Структура работ в рамках научно-технической работы	53
8.1.2 Трудоемкость выполнения работ	55
8.2 Смета на осуществление научно-технической работы (НТР)	59

8.2.1 Материальные затраты НТР	59
8.2.2 Полная заработная плата исполнителей темы	60
8.2.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	62
8.2.4 Накладные расходы	62
8.2.5 Формирование сметы на научно–техническую работу	63
8.3 Оценка научного - технического уровня	64
9 Социальная ответственность	70
9.1.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	70
9.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	70
9.2 Производственная безопасность	72
9.2.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов	74
9.2.1.1 Микроклимат	74
9.2.1.2 Шум и вибрация	77
9.2.1.3 Освещение	79
9.2.1.4 Повышенная яркость света. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение	79
9.2.1.5 Электроопасность	81
9.2.1.6 Повышенная температура обрабатываемого материала, изделий, наружной поверхности оборудования и внутренней поверхности замкнутых пространств, расплавленный металл	82
9.2.1.7 Вредные психофизиологические факторы	84
9.2.1.8 Комбинации опасных факторов	86
9.2.1.9 Специальная оценка условий труда (СОУТ)	86
9.3 Экологическая безопасность	87
9.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	88
Заключение	90
Список используемых источников	91
Приложение А	93

## Введение

Вертикальные резервуары самое востребованное емкостное оборудование. Целью данной работы является разработка технологии сборки и сварки вертикального резервуара объемом 10000 м<sup>3</sup> с использованием механизированной сварки в углекислом газе, рассматривается сборка и сварка резервуара из готовой рулонной продукции на примере сварки стенки резервуара, вертикального и уторного шва.

Основной проблемой данного вида сварки является повышенное разбрызгивание электродного металла. Использование новейшего оборудования, уменьшающего разбрызгивание, позволяет сделать процесс сварки более быстрым, качественным и экономически выгодным.

Данная технология возможна к использованию в условиях Крайнего Севера, для строительства вертикальных резервуаров и другого вида металла конструкций.

Данная технология рассматривается к применению в ПАО «Томскгазстрой».

## 1 Аналитический обзор литературы

На данный момент существует большое разнообразие резервуаров, они различаются: по объёму продукции которая в них хранится; по конструктивным особенностям; по способу изготовления и т.д. По конструктивным особенностям вертикальные цилиндрические резервуары согласно ГОСТ 31385–2016 делятся на следующие типы:

- резервуар со стационарной крышей без понтона, РВС;
- резервуар со стационарной крышей с понтоном, РВСП;
- резервуар с плавающей крышей, РВСПК [1].

РВС изготавливают из рулонных заготовок или же из листовых заготовок. Производство РВС из рулонных заготовок, изготовленных в заводских условиях с использованием способов сварки не доступных при строительстве в условиях Крайнего Севера, значительно сокращает время и стоимость производства, и повышает качество конструкции в целом.

В производстве РВС допускается применять разные типы сварки, самыми доступными способами, в условиях Крайнего Севера, являются:

- механизированная сварка плавящимся электродом в среде активных газов и смесях;
- механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой;
- ручная дуговая сварка.

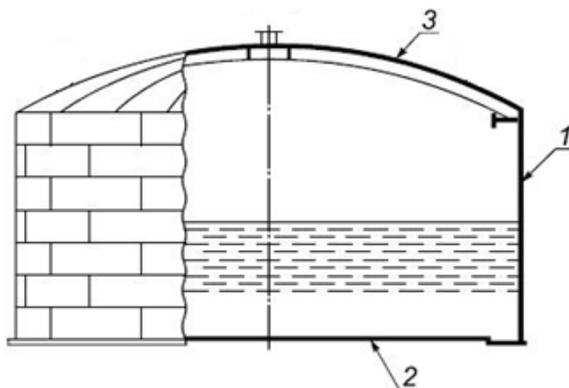
### 1.1 Описание РВС

В данном проекте рассматривается технология сборки и сварки вертикального и уторного шва стенки РВС, объемом 10000 м<sup>3</sup>.

Основными конструктивными частями корпуса РВС является: днище; стенка; крыша. Сборка днища и стенки производится из рулонных заготовок, а крыши полистовая. Используемые рулонные заготовки, выполнены в заводских условиях при помощи автоматической сварки под флюсом.

Основным потребителем данных РВС является нефтяная промышленность, расположенная в условиях Крайнего Севера. Использование рулонных заготовок позволяет в кратчайшие сроки производить строительство РВС, с наименьшими затратами на производство.

На рисунке 1 представлен внешний вид конструкции РВС.



1 – стенка; 2 – днище; 3 – стационарная крыша.

Рисунок 1 – Внешний вид РВС.

Геометрические размеры данного РВС согласно ГОСТ 31385–2016 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Геометрические параметры РВС

Наименование параметра	Ед. измер.	Величина
Номинальный объем	м <sup>3</sup>	10000
Внутренний диаметр стенки	м	34,20
Высота стенки	м	12

#### 1.1.1 Днище РВС

Строительство РВС начинается с сборки днища. Согласно ГОСТ 31385–2016 предусмотрен монтаж днища рулонным способом с кольцом окраек. Сборку окраек, днища и сам РВС следует выполнять согласно СП 365.1325800.2017. На днище будущего РВС наносят оси, укладывают подкладные листы. Далее монтируют кольцо окраек. После сборки и контроля положения окраек производится сварка стыков на длину 250 мм наружной части окраек. В дальнейшем производят развертывание рулонов полотнищ

днища, обеспечивая требуемый проектный нахлест полотнищ. На рисунке 2 показана схема расположения окراек и полотнищ днища. Сварка полотнищ производится от центра к окрайкам, обратноступенчатым способом длиной ступени от 300 до 700мм. Приварку центральной части днища к окрайкам выполняют после того как будет выполнена сварка уторного шва и окрайек. Толщина центральной части днища 5 мм. Толщина окрайек 8 мм.

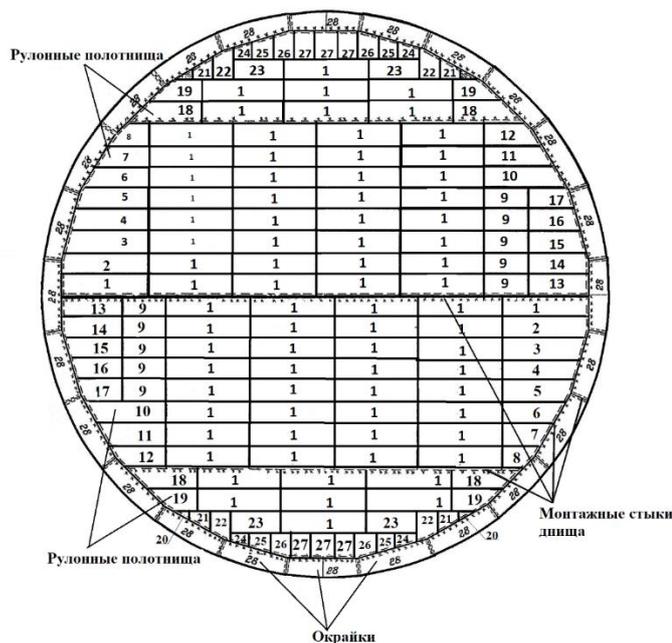


Рисунок 2 – Схема днища РВС.

### 1.1.2 Стенка РВС

Перед монтажом наружной стенки из рулонных заготовок, необходимо выполнить сборку монтажной стойки. Стойку устанавливают в центр резервуара. Рекомендуется собирать монтажную стойку из двух или трех частей для удобства ее дальнейшего демонтажа после завершения монтажа крыши.

Самое сложное в сборе резервуаров это установка стенки. Монтаж стенки рулонного типа производится в несколько этапов: подъём рулона в вертикальное положение; разворачивание рулона стенки; формообразование кольцевых участков полотнищ стенки; сборка монтажного стыка стенки.

Стенка резервуара свернута в рулон на заводе изготовителе. Рулон стенки разгружают на днище стреловым краном соответствующей грузоподъемности. На рисунке 3 показана схема установки рулона в вертикальное положение.

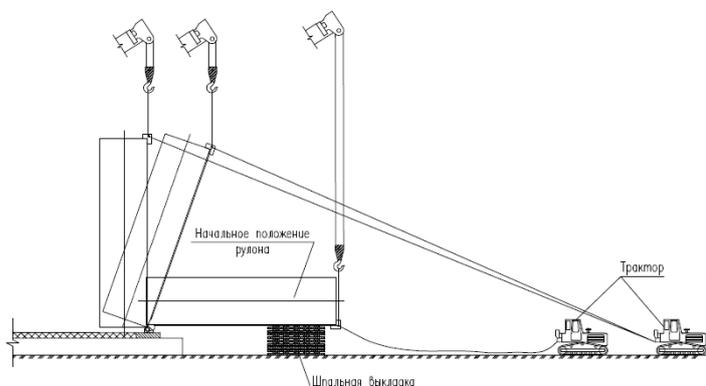


Рисунок 3 – Установка рулона в вертикальное положение.

До начала разворачивания рулона стенки следует нанести риски будущей стенки, на кольцевой риске приваривают ограничительные уголки с шагом 300 – 400мм.

Перед срезом планок удерживающим рулон в смотанном состоянии необходимо рулон обмотать канатом для предотвращения самопроизвольного распушивания. Разворачивание рулона производится с помощью трактора. Для обеспечения устойчивости стенки устанавливаются наружные и внешние расчалки. Прижатие полотнища к ограничительным уголкам производится с помощью клина или реечного домкрата.

Рулоны следует разворачивать участками длиной не более длины секции опорного кольца. Установить на первом участке полотнища стенки элемент опорного кольца и начальный щит крыши. Допускается временное фиксирование нижней кромки полотнища стенки с днищем на прихватках. После окончания одного рулона, переходят к разворачиванию второго полотнища. На рисунке 4 показан принцип разворота стенки.

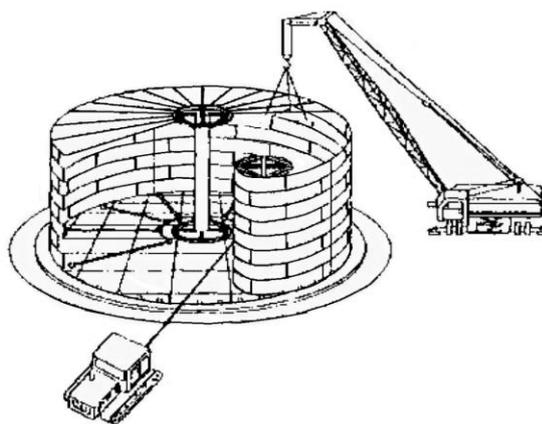


Рисунок 4 – Разворачивание рулонной стенки РВС.

Перед замыканием монтажных стыков развернутого полотнища стенки производят формообразование концов полотнищ, имеющих значительные остаточные деформации от рулонирования. Формообразование производят трактором с помощью специальных приспособлений.

Формообразование считают законченным в том случае, если по его окончании концевой участок полотнища занимает положение, близкое к проектному.

При формообразовании полотнища стенки по всей высоте следует применять специальное приспособление рама–кондуктор для замыкания монтажного стыка, обеспечивающее жесткое закрепление кромок перед сваркой.

Рама–кондуктор выполнена из двух вертикальных стоек и горизонтальных балок. Рама–кондуктор сконструирована для установки внутри рулонного резервуара. Рама–кондуктор дополнительно включает в себя фиксирующие анкеры, располагаемые перпендикулярно плоскости рамы–кондуктора и адаптированные для закрепления на вертикальной стенке рулонного резервуара. Рама–кондуктор дополнительно включает в себя средство перемещения фиксирующих анкеров относительно вертикальных стоек и горизонтальных балок. Технический результат использования рамы–кондуктора заключается в упрощении монтажа рулонных резервуаров.

Рама–кондуктор устанавливают с внутренней стороны резервуара рядом с вертикальным монтажным стыком. С помощью сварки соединяют с днищем

и полотнищами стенки. Полотнища стенки по всей длине монтажного стыка устанавливаются в нахлест. Механическим способом удаляют технологические припуски образуя зубчатый стык с разделкой кромок предложенной в ГОСТ 31385-2016. Зубчатый стык собирают на гребенках с рамой кондуктором при помощи сварки.

Вытягивание стенки осуществляется домкратами и фиксируется анкерами. Величину вытяжку стенки  $f$  выбирают в диапазоне равную  $1,5s$ , где  $s$  – толщина нижнего пояса стенки, мм. Вытягивание стенки производится для того что бы не допустить деформаций после сварки монтажного стыка.

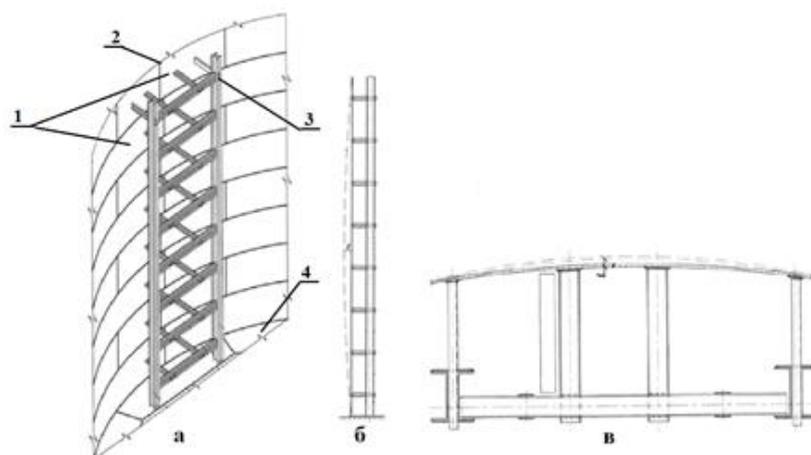
Фиксирующие анкера, одним концом прикрепленные к стенке с помощью сварочных прихваток, перемещают, с помощью домкрата и затем, когда они занимают необходимое положение, жестко фиксируют с помощью сварки к раме–кондуктору. После закрепления на раме–кондукторе монтажного стыка и контроля вытяжки стенки производят сварку монтажного стыка стенки.

После завершения сварки все монтажные приспособления убираются механическим способом и на местах приварки проводят неразрушающий контроль. На рисунке 5 показана рама–кондуктор.

Рекомендуемые виды вертикальных сварных соединений по ГОСТ 31385–2016 представлены на рисунке 6.

Вертикальные соединения листов на смежных поясах стенки должны быть смещены относительно друг друга для стенок, сооружаемых методом рулонирования не менее  $10s$ , где  $s$  – толщина листа нижележащего пояса стенки [1].

Вертикальные швы зубчатого стыка смещают на величину не менее  $10s$ , где  $s$  – толщина листа.



а – общий вид, б – вид с боку, в – вид сверху. 1 – стенка, 2 – сварной шов, 3 – рама – кондуктор, 4 – днище

Рисунок 5 – Рама–кондуктор

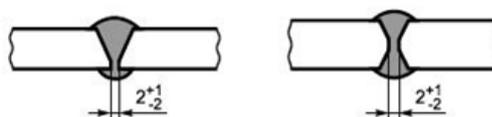


Рисунок 6 – Виды вертикальных сварных соединений стенки.

Рекомендуемые виды горизонтальных сварных соединений по ГОСТ 31385–2016 представлены на рисунке 7.

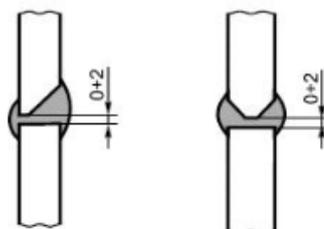


Рисунок 7 – Виды горизонтальных сварных соединений стенки.

Для уторного шва применяю тип разделки кромок ТЗ с катетом не более 8мм, на рисунке 8 представлено соединение по ГОСТ 31385–2016 стенки и днища РВС.

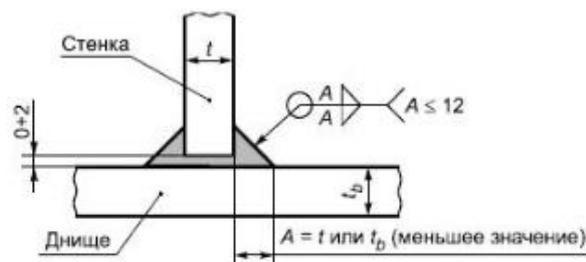


Рисунок 8 – Соединение стенки с дном при толщинах листа и дна 12мм и менее.

По окончании сварки все монтажные приспособления убираются механическим способом, сварные соединения подвергаются неразрушающему контролю, в случае обнаружения недопустимых дефектов производят ремонт и повторный контроль.

### 1.1.3 Крыша РВС

В данном проекте рассматривается резервуар со стационарной крышей. Каркас крыши и настил выполняются из той же марки стали что и основные конструктивные элементы.

По номинальному объему РВС и геометрическим параметрам выбираем каркасную купольную крышу.

Купольная крыша представляет собой радиально-кольцевую каркасную систему, вписанную в поверхность сферической оболочки.

Каркасно-щитовые сферические крыши поставляют на монтаж в виде опорного кольца, центрального щита, щитов крыши, отдельных элементов каркаса и отдельных листов настила. Монтажа крыши начинается с установки монтажной стойки. К стенке РВС в процессе разворачивания производится монтаж опорного кольца и щитов крыши. После проверки положения всех высотных отметок согласно проектным данным, производится сварка опорного кольца со стенкой и элементов каркаса между собой.

Настил крыши сваривают обратноступенчатым способом от середины к краям полотнища. Сварку начинают с центральных секций соединяя их по



## 2 Характеристика основного материала

Согласно таблице выбора материалов, для основных конструкций резервуаров по ГОСТ 31385–2016 приложение А, выбираем класс прочности С345 и марку низколегированной стали 09Г2С по ГОСТ19281–2014.

### 2.1 Химический состав и свойства стали

В таблице 2 представлен химический состав, в таблице 3 представлены механические свойства стали 09Г2С.

Таблица 2 – Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19281-2014

C,%	Si,%	Mn,%	P,%	S,%	Cr,%	Cu,%	Ni,%	V,%
0,12	0,8	1,7	0,03	0,035	0,30	0,30	0,30	0,12

Таблица 3 – Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19281-2014 для толщин стали до 20 мм

Сталь 09Г2С	Предел текучести $\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup> (МПа)	Временное сопротивление $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup> (МПа)	Относительное удлинение $\delta$ (%)
		345	480

### 2.2 Технологическая свариваемость материала

Свариваемость низкоуглеродистых сталей оценивается как без ограничений.

Воспользуемся методикой определения полного эквивалента углерода [1]:

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2} \quad (1)$$

где C, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P – содержание легирующих элементов в процентах.

Следовательно, для стали 09Г2С:

$$C_3 = 0,12 + \frac{1,2}{6} + \frac{0,5}{24} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{40} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,12}{14} + \frac{0,03}{2} = 0,43\%$$

Согласно ГОСТ 19281–2014 гарантирована свариваемость для класса прочности 345, если нормированный углеродный эквивалент не более 0.46%.

В нашем случае для стали 09Г2С  $C_3 < 0,46\%$ , что гарантирует хорошую свариваемость стали.

### 3 Выбор способа сварки

При выборе способа сварки следует обратить внимание на следующие факторы: свойство свариваемого металла; толщины свариваемых деталей; габариты конструкций и протяженность сварных швов; экономическая эффективность.

В данном проекте рассмотрим два способа сварки, наиболее подходящие и возможные при работе в условиях Крайнего Севера. Рассмотрены способы с технологической и экономической стороны, для выбора более оптимального способа сварки.

#### 3.1 Ручная дуговая сварка

Ручная дуговая сварки, далее РДС – это способ создания неразъёмного сварного соединения при помощи электрической дуги и плавящего покрытого электрода. Управление этим процессом ручное. Принцип метода заключается в том, что к электроду и свариваемому изделию для образования и поддержания сварочной дуги от источников сварочного тока подводится постоянный или переменный ток.

Дуга расплавляет металлический стержень электрода, его покрытие и основной металл. Расплавляющийся металлический стержень электрода в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну. В сварочной ванне электродный металл смешивается с расплавленным металлом изделия, а расплавленный шлак всплывает на поверхность и создает защиту жидкого металла от окружающей среды. Кристаллизация металла сварочной ванны по мере удаления дуги приводит к образованию шва, соединяющего свариваемые детали.

Данный способ сварки имеет много достоинств:

- возможность сварки во всех пространственных положениях;
- возможность сварки в местах с ограниченным доступом;
- возможность визуально наблюдать процесс сварки;

- простота, надежность и дешевизна оборудования;
- возможность сварки самых различных сталей благодаря широкому выбору выпускаемых марок электродов;
- простота и транспортабельность сварочного оборудования по рабочему объекту.

Не смотря на большое количество достоинств, данный способ сварки обладает рядом недостатков, к которым можно отнести следующее:

- низкая производительность;
- качество соединений во многом зависит от квалификации сварщика;
- резкая структурная и механическая неоднородность металла шва;
- большой расход материалов на разбрызгивание и огарки;
- вредные условия процесса сварки.

### 3.2 Механизированная сварка в среде CO<sub>2</sub>

Механизированная сварка в среде CO<sub>2</sub> занимает широкое применение в промышленности. Она экономична, обеспечивает достаточно высокое качество швов, особенно при сварке низкоуглеродистых сталей, требует более низкой квалификации сварщика, чем ручная дуговая сварка. Этим способом можно сваривать разнообразные металлы и сплавы, производить сварку плавящим и неплавящимся электродом, работать в различных пространственных положениях. В качестве оборудования используют полуавтоматы, но сварка может быть и автоматической.

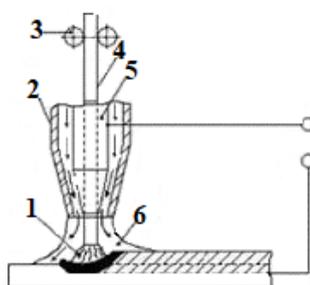
В ПАО «Томскгазстрой» сборка и сварка РВС производится ручной дуговой сваркой.

Как уже описывалось ручная дуговая сварка покрытыми электродами имеет существенные недостатки, поэтому в данном проекте предлагается замена ручной дуговой сварки на механизированную сварку в среде углекислого газа плавящимся электродом.

Сущность механизированной сварки в среде CO<sub>2</sub> заключается в том, что в процессе сварки в зону дуги, которая образуется между электродной

проволокой и изделием, под небольшим давлением непрерывно подается защитный газ  $\text{CO}_2$ . Газ вытесняет воздух, и защищает сварочную ванну, и расплавленный электродный металл.

Механизированная сварка в среде  $\text{CO}_2$  осуществляется с помощью сварочной горелки, перемещаемой сварщиком. Подача электродной проволоки в зону сварки осуществляется по гибкому шлангу с помощью подающего механизма в мундштук сварочной горелки. Углекислый газ, под давлением, подается из баллона по резиновому шлангу в сопло сварочной горелки.



1 – электрическая дуга; 2 – газовое сопло; 3 – подающие ролики; 4 – электродная проволока; 5 – токоподводящий мундштук; 6 – защитный газ

Рисунок 10 – Дуговая сварка в защитном газе плавящимся электродом

Основная особенность сварки заключается в применении электродных проволок с повышенным содержанием элементов раскислителей, компенсирующим их выгорание в зоне сварки. Углекислый газ оттесняет от зоны дуги воздух, сам оказывает на металл окислительное воздействие, за счет образования атомарного кислорода:



Металл шва надежно защищается от азота и кислорода воздуха, но атомарный кислород, выделяющийся при разложении углекислого газа, окисляет металл. Кислород взаимодействуя с раскислителями, марганец и кремний, соединяется с ними и в виде шлака всплывает на поверхность расплавленного металла:





Кроме некоторых специфических преимуществ, сварка в углекислом газе характеризуется высокой производительностью и низкой стоимостью. К недостаткам способа относятся повышенное разбрызгивание и не всегда удовлетворительный внешний вид шва. Снижению разбрызгивания электродного металла способствуют параметры режима, уменьшающие размера капель: увеличение силы сварочного тока, применение электродной проволоки малых диаметров 0,8...2,0мм., так же уменьшение дугового промежутка – уменьшение напряжения на дуге и использования обратной полярности.

Принципиально в углекислом газе может свариваться подавляющее большинство сталей. При сварке в углекислом газе свойства основного металла в околошовной зоне существенно не изменяются.

Механизированная сварка в среде  $\text{CO}_2$  обладает следующими преимуществами:

- возможность сварки во всех пространственных положениях;
- относительное качество сварных соединений;
- возможность визуально наблюдать процесс сварки;
- высокая производительность;
- низкая стоимость углекислого газа;
- легкость автоматизации и механизации способа.

К недостаткам данного способа можно отнести:

- повышенное разбрызгивание металла;
- ограниченная площадь работы.

Повышение производительности достигается за счет увеличения плотности тока, повышения скорости сварки, уменьшение объема наплавленного металла вследствие более глубокого проплавления основного металла, повышенным коэффициентом наплавки.

Улучшению качества наплавленного металла и сварного соединения в целом способствует надежная защита зоны сварки от воздушной среды,

стабильность процесса в целом, обеспечивающая однородность химического состава шва и снижение вероятности появления различного рода дефектов.

### 3.3 Перенос электродного металла за счет сил поверхностного натяжения

STT (Surface Tension Transfer) – перенос электродного металла за счет сил поверхностного натяжения. Система STT разработанная фирмой Lincoln Electric. STT процесс представляет собой один из разновидностей процесса переноса короткими замыканиями, который реализуется при дуговой сварке в среде защитных газов с одним важным отличием – расплавленный металл переносится за счет относительно больших сил поверхностного натяжения сварочной ванны, которая втягивает жидкую каплю, чем относительно низкие силы поверхностного натяжения на конце проволоки.

Электромагнитное сжимающее давление при пинч-эффекте дополнительно помогает капле отделиться, но не является основным механизмом переноса, как это наблюдается при обычной сварке короткими замыканиями.

Процесс STT основан на принципиально новом технологическом подходе к оборудованию для сварки и к выполняемым им задачам. Важной предпосылкой для реализации идеи управляемого переноса является наличие соответствующего инструмента – быстродействующего инверторного сварочного источника, способного получать, обрабатывать информацию, а также управлять выходными параметрами на всех фазах формирования капли и ее перемещения в сварочную ванну.

На рисунке 11 показан принцип переноса капли электродного металла по системе STT.

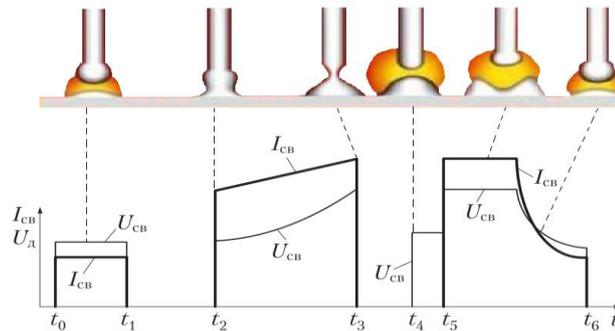


Рисунок 11 – Стадии переноса одной капли электродного металла при управляемом процессе по системе STT

Использование STT процесса в сварочном производстве дает следующие преимущества:

- высокая производительность и теплофизические свойства, позволяющие за один проход наплавить слой металла гораздо больше чем при РДС;
- относительно низкое содержание диффузионного водорода в металле шва, по сравнению с покрытыми электродами;
- возможность производить сварку с минимальным перемешиванием металла шва с основным металлом;
- сокращение общего тепловложения в свариваемую деталь, что уменьшает коробление конструкции, крайне низкий уровень разбрызгивания и дымообразования;
- не требующий высокой квалификации сварщиков процесс, дает высокие результаты в качественных сварных соединениях.

Проанализировав все достоинства данных способов, самым рациональным будет выбор механизированной сварки в среде  $\text{CO}_2$  в сочетании с технологичным сварочным оборудованием поддерживающим STT процесс.

## 4 Выбор сварочных материалов

Сварочными материалами, называют материалы, которые обеспечивают протекание сварочных процессов и получение качественного соединения основного металла.

### 4.1 Углекислый газ (CO<sub>2</sub>)

Углекислый газ CO<sub>2</sub> имеет широкое распространение во всех трех состояниях: твердом; жидком; газообразном.

В промышленности углекислый газ получают несколькими способами: из отходящих газов химических производств синтетического аммиака и метанола до 90% CO<sub>2</sub>; извлечение из газов, образующихся при действии серной кислоты на мел, обжиге известняка до 40% CO<sub>2</sub>; горении кокса или антрацита в специальных топках до 18% CO<sub>2</sub>; и из газов брожения.

Углекислый газ не имеет цвета, обладает едва ощутимым запахом, при 0<sup>0</sup>С и 760 мм рт.ст. имеет плотность по отношению к воздуху 1,52, а удельный вес 1,97 Г/л.

Для сварки используют газ согласно ГОСТ 8050–85 высшего и первого сорта. Пищевой углекислый газ допускается использовать для сварки при наличии осушителей газа, технический использовать для сварки не рекомендуется. Сварочный углекислый газ предназначен для сварки ответственных конструкций на токах свыше 200–250 А.

Таблица 4 – Допустимое содержание примесей в углекислом газе различного назначения

Марка углекислоты	Объемная доля CO <sub>2</sub> ,%	Доля воды, %	Содержание водяных паров, г/м <sup>3</sup>
Сварочный			
Высший сорт	99,8	Нет	0,037
Первый сорт	99,5	Нет	0,184
Пищевой	98,8	0,1	Не нормируется
Технический	98,5	0,1	Не нормируется

Поставляется в баллонах черного цвета с желтой надписью: «Углекислый газ» или «CO<sub>2</sub>». Углекислый газ нетоксичен, невзрывоопасен.

#### 4.2 Выбор сварочной проволоки

В электродной проволоки, при сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей применяют раскислители в виде Mn и Si.

Для низколегированных и низкоуглеродистых сталей, при сварке на токах до 500 А, содержание элементов раскислителей в электродной проволоке находится в пределах: С (0,05–0,12%); Si (0,6–1,0%); Mn (1,4–2,4%). В ГОСТ 2246–70 представлены марки проволоки, которые могут быть использованы для сварки в углекислом газе. Чаще всего для сварки низкоуглеродистых сталей используют проволоки Св-08Г2, Св-08ГС и Св-08Г2С. В данном проекте будем использовать проволоку Св-08Г2С. Данная марка проволоки была выбрана исходя из того, что: химический состав проволоки Св-08Г2С наиболее близок по химическому составу основного металла и механическим свойствам.

Таблица 5 – Химический состав проволоки Св-08Г2С, по ГОСТ 2246–70

С,%	Mn,%	Si,%	Cr,%	Ni,%	S,%	P,%
0,05 - 0,11	1,8 - 2,1	0,7 - 0,95	0,20	0,25	0,025	0,03

Для стабильного горения дуги и меньшего засорения шлангов и приводов необходимо чтобы проволока имела чистую поверхность и не имела изгибов.

В данном проекте рекомендуется использование сварной проволоки Св-08Г2С компанией ESAB. Данная компания хорошо зарекомендовала себя на Российском рынке качеством выпускаемой продукции. Данная проволока выпускается в России на заводе ESAB–Тюмень по программе импортозамещения.

В таблице 6 представлен химический состав проволоки Св-08Г2С, в таблице 7 представлены механические свойства сварного шва, выполненного проволокой Св-08Г2С.

Таблица 6 – Химический состав проволоки Св-08Г2С компании ESAB

С,%	Mn,%	Si,%	S,%	P,%
0,05-0,08	1,80-1,95	0,7-0,95	0,020	0,025

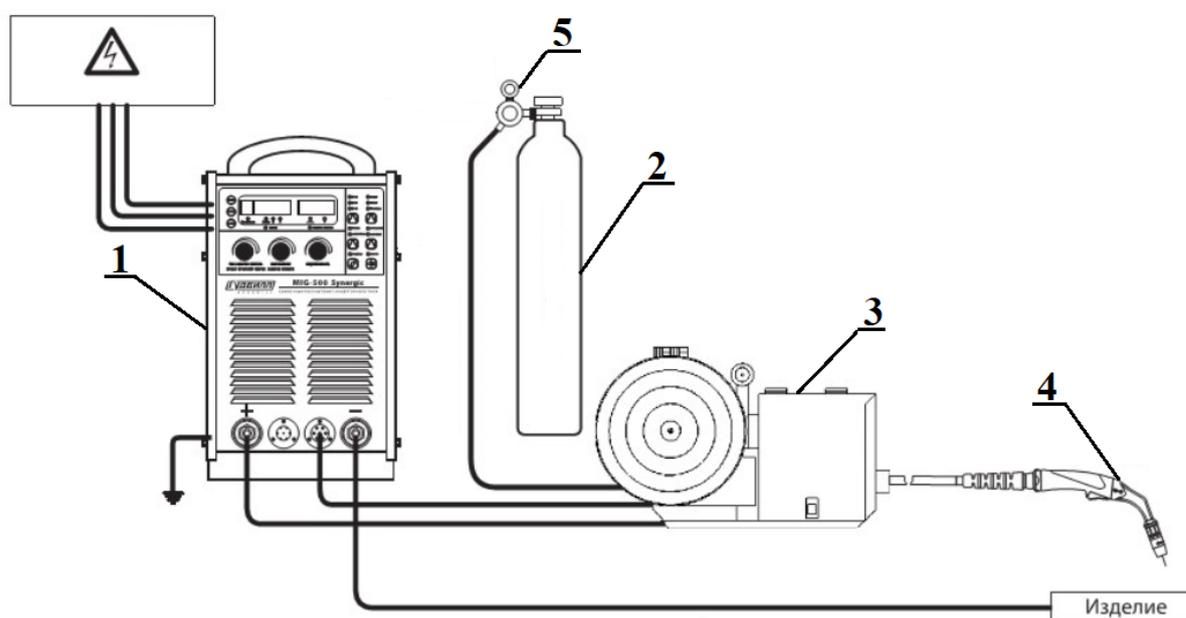
Таблица 7 – Механические свойства сварного шва, выполненного проволокой Св-08Г2С компании ESAB

Защитный газ	Предел текучести $\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup>	Предел прочности $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	Удлинение $\delta$ , %	Ударная вязкость KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Ударная вязкость KCU, Дж/см <sup>2</sup>
СО <sub>2</sub>	мин. 390	мин. 490	20	34 при -20°С	43 при -60°С

Высококачественное омеднение, рядная намотка на катушки, стабильный диаметр по всей длине обеспечивают стабильное горение проволоки с минимальным разбрызгиванием и высокое качество наплавленного металла.

## 5 Выбор сварочного оборудования

Для получения качественного сварного соединения источник питания должен отвечать следующим требованиям: обеспечивать надежное возбуждение дуги и поддерживать ее устойчивое горение, способствовать благоприятному переносу электродного металла с минимальным разбрызгиванием и формированию сварного шва, дать возможность настраиваться на требуемый режим сварки. На рисунке 12 представлена схема установки для механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов.



1 – источник питания ; 2 – балон с газом; 3 – подающий механизм;  
4 – сварочная горелка; 5 – газовый редуктор.

Рисунок 12 – Схема установки для сварки в защитных газах.

Согласно рекомендациям СП 365.1325800.2017 сварочный ток и напряжение для различных сварных соединений стенки РВС представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Сварной ток для сварных соединений стенки РВС

Вид шва	Вертикальный	Горизонтальный	Уторный
Сварочный ток, А	140-220	160-300	140-320
Напряжение, В	19-24	19-26	19-28

Для выполнения сварочных работ будет использоваться сварочное оборудование фирмы «Lincoln Electric», оно хорошо себя зарекомендовало при работе в различных климатических условиях, данная компания первая внедрила в производство STT процесс. Поэтому для механизированной сварки в среде углекислого газа будем использовать оборудование данной фирмы.

В качестве источника питания выбираем аппарат Power Wave S350. Аппарат Power Wave S350 имеет модульную конструкцию, которая позволяет каждому потребителю подобрать оптимальную конфигурацию для собственных задач. Все модели Power Wave S поддерживают протокол ArcLink, который позволяет работать с любыми цифровыми механизмами подачи проволоки от PF4X до PF84. Все аппараты Power Wave имеют встроенный разъем для подключения сети Ethernet, благодаря которому пользователь может контролировать все сварочные параметры при помощи фирменного программного обеспечения.

Возможность сварки многих типов материалов: углеродистой и нержавеющей стали, алюминия, никелевых и медных сплавов.

Режимы RapidArc и Rapid X обеспечивают более высокую скорость сварки и меньшее тепловложения при сварке углеродистой и нержавеющей стали.

Режим PowerMode снижает разбрызгивание и улучшает внешний вид шва при сварке углеродистой и нержавеющей стали даже при очень низком напряжении тока. Также позволяет вести высокопроизводительную сварку алюминия.

Таблица 9 – Технические характеристики аппарата Power Wave S350

Напряжение сети и потребляемый ток				
Напряж. сети	ПВ	Потреб. ток	Потр. Мощн. в режиме простоя	Power Factor @ Rated Input
230/380	40%	35	300 W	0,95
50/60 Hz	100%	28		
Габаритные размеры				
Высота (мм)	Ширина (мм)	Высота (мм)	Вес (кг)	
518	356	630	46.6	
Диапазон температур				
Диапазон рабочих температур (°C)			Диапазон температур хранения (°C)	
-20 до +40			-40 до +80	
Сварочный ток /Напряжение/ПВ				
GMAW		SMAW (STICK)	GTAW (TIG)-DC	
40%/350A/31,5В		40%/325A/33В	40%/350A/24В	
60%/320A/30В		60%/275A/31В	60%/325A/23В	
100%/300A/29В		100%/250A/31В	100%/300A/22В	
СВАРОЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ				
Процесс	Диапазон сварочного	OCV (U0) (В)		
		Действующее		Пиковое
GMAW	5 – 350А	40-70В		100В
GMAW-Pulse		40-70В		
FCAW		40-70В		
GTAW-DC		24В		
SMAW		60В		

Для обеспечения передачи металла за счет сил поверхностного натяжения по системе STT к источнику тока необходимо подключения модуля Power Wave STT. Модуль Power Wave STT от компании Lincoln Electric позволяет источнику питания серии Power Wave S работать в режиме переноса металла силами поверхностного натяжения, который отличается непревзойденным контролем над сварочной ванной при сварке листового металла ответственного назначения и корневых проходах труб. Модуль STT отличается своей компактностью и легким подключением к источникам

питания через протокол высокоскоростного обмена данными Lincoln Electric ArcLink.

На рисунке 13 представлен внешний вид аппарата Power Wave S350 и модуля Power Wave STT.



Рисунок 13 – Power Wave S350, модуль Power Wave STT.

Исключительный контроль дуги – чрезвычайно легкое управление прожигом при сварке тонкопрофильного металла и труб ответственного назначения.

Ultimarc – в режиме синергетического управления процессом STT в реальном времени контролирует все параметры тепловложения, в том числе пикового тока, базового тока и Tailout. В результате оператор может с легкостью менять любые настройки.

Модульная конструкция – быстрое подключение к любому совместимому источнику питания Power Wave серии S, Power Feed механизму подачи проволоки или системе жидкостного охлаждения. Позволяет работать в режиме STT без необходимости в приобретении второго источника питания.

Таблица 10 – Технические характеристики модуля STT

Сеть питания, Потребляемый ток	Номинальная мощность	Диапазон сварочного тока, А.	Габаритные размеры (В*Ш*Г), мм.	Вес, кг.
230/380В 50/60Гц 35/19А	350А/31,5В при 40%	5-350, пост. ток	292*353*645	21,32

Компактность – модуль специально спроектирован для размещения под устройствами Lincoln Power Wave серии S, что позволит сэкономить ценное пространство.



Рисунок 13 – Механизм подачи проволоки Power Feed 84 Single One-Pak

В качестве механизма подачи проволоки выбираем Power Feed 84 Single One-Pak изображенный на рисунке 13. Механизм подачи проволоки Power Feed 84 отличается своей простотой и универсальностью. Он был разработан для того, чтобы расширить возможности линейки Power Wave S. Это сочетание из высокотехнологичного источника питания и механизма подачи проволоки значительно превосходит по своим параметрам традиционные аппараты для дуговой сварки. Конструкция Power Feed 84 позволяет расположить блок управления в любой точке – возле рабочего изделия или на источнике питания.

Хорошо подходит для сварки углеродистой и нержавеющей стали, алюминия и других материалов.

Поддержка ArcLink – самого современного коммуникационного протокола в области сварки, который позволяет быстро установить надежное соединение с источником питания.

Процесс импульсной сварки – обеспечивает низкое разбрызгивание и минимальное тепловложение при сварке в любых пространственных положениях.

Удобная панель управления с большими цифровыми дисплеями позволяет с легкостью настраивать параметры сварки.

Поддержка горелок Push-Pull для бесперебойной подачи проволоки.

В качестве газового редуктора выбираем Газовый редуктор с электроподогревом LE711Z008. Подходит для любых сварочных работ с высоким постоянным расходом CO<sub>2</sub> при необходимости в точной регулировке расхода газа.

Газовый редуктор LE711Z008 обладает следующими качествами:

- максимальное давление на входе 230 атм.;
- два независимых нагревательных элемента с управлением термостатом;
- защита от перегрева с восстанавливаемым термопредохранителем.

Сварочную горелку выбираем Linc Gun 360G изображенную на рисунке 14. Это легкая удобная сварочная горелка с возможностью воздушного охлаждения, подвод кабеля к держаку и коннектору защищен стальной пружиной. Поток защитного газа минимум 12 л/мин. Применяется для полуавтоматической сварки в среде защитных газов.



Рисунок 14 – Сварочная горелка Linc Gun 360G

## 6 Разработка технологии сварки

В данном проекте рассматривается сборка и сварка вертикального и уторного шва РВС.

После установке стенки РВС на проектные отметки рассмотренную в параграфе 1.2, и закреплении вертикального шва с помощью рамы кондуктора и набора гребенок. Можно приступать к выполнению сварных соединений.

Перед началом сварочных работ необходимо убедиться в отсутствии атмосферных осадков, или защитить сварное соединение от их попадания. Рекомендуется использовать защитные укрытия из несгораемого материала.

Не рекомендуется производить сварочные работы без укрытий при скорости ветра более 6 м/с. При скорости ветра от 0 до 2 м/с расход  $\text{CO}_2$  составляет от 0,01 до 0,02 м<sup>3</sup>/мин, а при скорости от 3 до 5 м/с расход составляет от 0,025 до 0,03 м<sup>3</sup>/мин.

Подготовленные кромки под сварку с допустимыми размерами согласно ГОСТ 14771–76, не должны иметь заусенцев, трещин, забоев, надрывов. При необходимости выполнить зачистку кромок и прилегающую к ним поверхность на ширину не менее 20мм, до металлического блеска.

Вертикальный шов стенки состоит из вертикальных и горизонтальных соединений полотнищ рулона. Рассмотрим сперва вертикальные соединения. В ГОСТ 31385–2016 рекомендуемые виды вертикальных сварных соединений стенки представлены в виде соединения С21 и С25 в таблице 11.

Определим площадь наплавленного металла для соединения С21:

$$F_{H(C21)} = s \cdot b + (s - c)^2 \cdot \text{tg}\alpha + 0,75(e \cdot g + e_1 \cdot g_1). \quad (5)$$

$$F_{H(C21)} = 10 \cdot 2 + (10 - 2)^2 \cdot \text{tg}20 + 0,75(10 \cdot 1 + 8 \cdot 1) = 56,79 \text{ мм}^2.$$

Определим площадь наплавленного металла для соединения С25:

$$F_{H(C25)} = s \cdot b + 0,5 \cdot (s - c)^2 \cdot \text{tg}\alpha + 1,5 \cdot e \cdot g, \quad (6)$$

$$F_{H(C25)} = 10 \cdot 1 + 0,5 \cdot (10 - 1)^2 \cdot \text{tg}20 + 1,5 \cdot 8 \cdot 1 = 36,74 \text{ мм}^2.$$

Таблица 11 Типы, конструктивные элементы и размеры ГОСТ 14771-76

Условное обозначение сварного соединения		C21	C25
Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей			
Конструктивные элементы шва сварного соединения			
s, мм		10	10
b, мм	номин.	2	1
	пред. отк.	+1;-2	±1
c, мм	номин.	2	1
	пред. отк.	+1;-2	±1
e, мм	номин.	10	8
	пред. отк.	±2	±2
e1, мм (пред. отк. ±2)		8	8
g, мм	номин.	1	1
	пред. отк.	±1	±1
g1, мм	номин.	1	1
	пред. отк.	+1	±1
α, град (пред. отк. ±2 <sup>0</sup> )		20	20

Рассмотрим горизонтальные соединения. В ГОСТ 31385–2016 рекомендуемые виды горизонтальных сварных соединений стенки представлены в виде соединения C12 и C15.

Площадь наплавленного металла для соединения C12 и C15 находим по формулам соответственно:

$$F_{H(C12)} = s \cdot b + 0,5(s - c)^2 \cdot \operatorname{tg}\alpha + 0,75(e \cdot g + e_1 \cdot g_1), \quad (7)$$

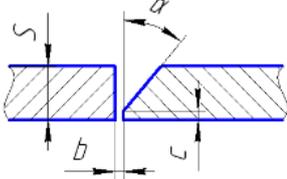
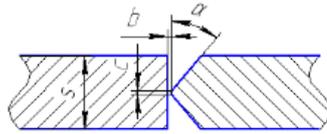
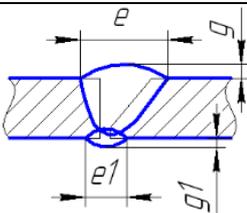
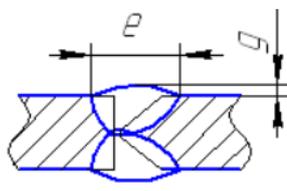
$$F_{H(C15)} = s \cdot b + 0,25(s - c)^2 \cdot \operatorname{tg}\alpha + 1,5(e \cdot g). \quad (8)$$

Подставим расчетные данные из таблицы 12 в формулы (7) и (8) получим:

$$F_{H(C12)} = 10 \cdot 1 + 0,5(10 - 1)^2 \cdot \text{tg}40 + 0,75(14 \cdot 1 + 8 \cdot 2) = 66,48 \text{ мм}^2,$$

$$F_{H(C15)} = 10 \cdot 1 + 0,25(10 - 1)^2 \cdot \text{tg}40 + 1,5(8 \cdot 1) = 39,01 \text{ мм}^2.$$

Таблица 12 Типы, конструктивные элементы и размеры ГОСТ 14771-76

Условное обозначение сварного соединения		C12	C15
Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей			
Конструктивные элементы шва сварного соединения			
s, мм		10	10
b, мм	номин.	1	1
	пред. отк.	±1	±1
c, мм	номин.	1	1
	пред. отк.	±1	±1
e, мм	номин.	14	8
	пред. отк.	±2	±2
e1, мм (пред. отк. ±2)		8	8
g, мм	номин.	1	1
	пред. отк.	±1	±1
g1, мм	номин.	2	1
	пред. отк.	±1	±1
α, град (пред. отк. ±2°)		40	40

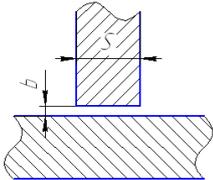
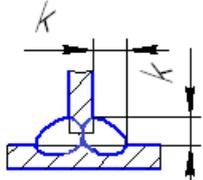
Сравнив полученные значения площадей наплавленного металла для вертикального и горизонтального соединения следует, что площадь наплавленного металла для вертикального соединения C25 меньше чем C21, а для горизонтального соединения площадь наплавленного металла для C15 меньше чем C12. Следовательно, выбираем C25 и C15 для вертикального и

горизонтального шва соответственно, это уменьшит расход сварочных материалов и времени для сварки РВС.

Для уторного шва согласно ГОСТ 31385–2016 выбираем тип разделки кромки ТЗ: двухстороннее тавровое соединение без скоса кромок.

Конструктивные элементы кромок и шва представлены в таблице 13

Таблица 13 Конструктивные элементы и размеры ТЗ, ГОСТ 14771–76

Размеры		Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей	Конструктивные элементы шва сварного соединения
s, мм	10		
b, мм	0±2		
k, мм	8		

Просушка стыка производится при наличии влаги на кромках до температуры 50<sup>0</sup>С.

В зависимости от температуры окружающей среды необходимо производить предварительный подогрев:

- до температуры 50<sup>0</sup>С, при температуре воздуха от 5<sup>0</sup> до минус 5<sup>0</sup>С;
- до температуры 100<sup>0</sup>С, при температуре воздуха от минус 5 до минус 20<sup>0</sup>С;
- до температуры 125<sup>0</sup>С, при температуре воздуха ниже минус 20<sup>0</sup>С.

Контроль температуры подогрева следует проводить контактным термометром в нескольких местах подготовленного сварного шва.

Рекомендуемые режимы механизированной сварки в среде СО<sub>2</sub> согласно СП 365.1325800.2017, приведены в таблице 14.

Таблица 14 Рекомендуемые режимы механизированной сварки в среде СО<sub>2</sub>

Марка проволоки и диаметр	Швы стенки РВС	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм
Св-08Г2С диаметр 1,2 мм	Уторный	250–320	25–28	10–15
	Вертикальный	140–160	19–22	
	Горизонтальный	160–220	20–25	

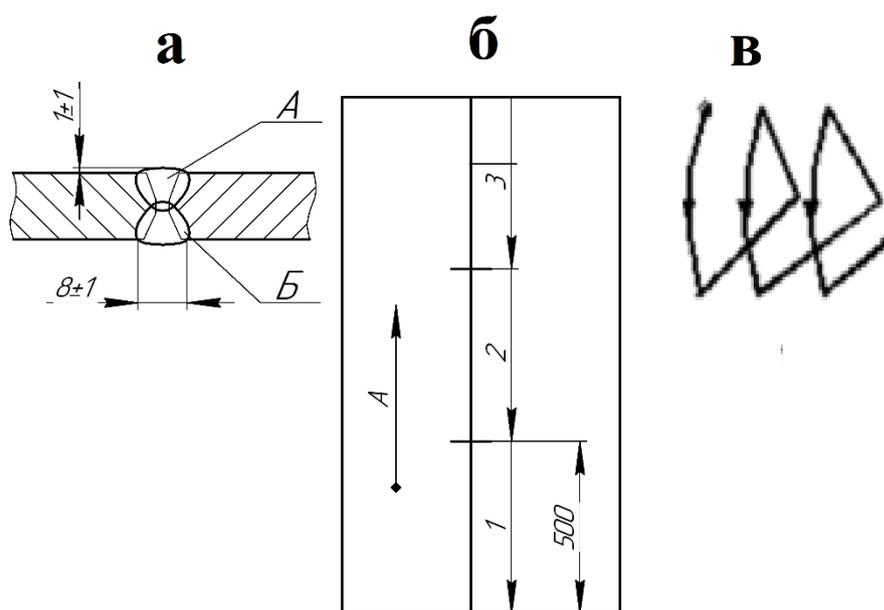
Перед началом сварочных работ необходимо продуть шланги для удаления из них воздуха и обдуть место сварки защитным газом, после этого допускается зажигание сварочной дуги.

Сварку вертикальных стыковых соединений начинают с верхнего технологического участка.

Сварку вертикального шва следует выполнять обратноступенчатым способом с длиной ступени 500 мм. В направлении сверху вниз.

После выполнения наружного шва следует выполнить его зачистку с обратной стороны до чистого металла. И выполнить сварку внутреннего шва так же, как и наружного.

После сварки необходимо зачистить шов от шлака и брызг металла. На рисунке 15 показана схема выполнения вертикального и направление сварки.



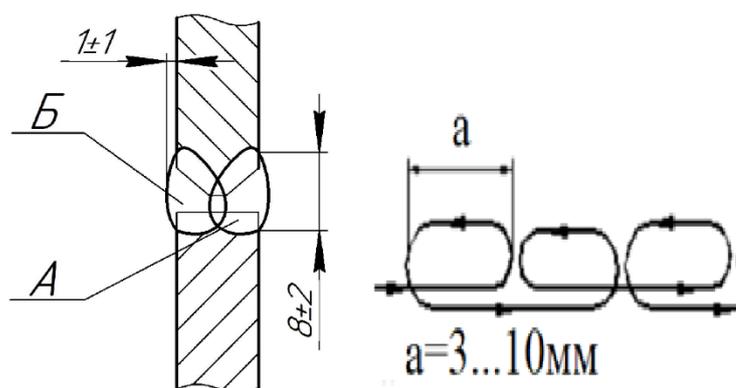
а) А – наружный шов; Б – внутренний шов; б) А – общее направление сварки; 1–3 порядок и направление участков сварки шва; в) техника выполнения шва.

Рисунок 15 – Схема выполнения вертикального и направление сварки.

При выполнении горизонтальных швов для предотвращения стекания металла сварочной ванны и качественного формирования шва электрод

следует направлять снизу-вверх под углом до  $15^\circ$ . При этом следует горелку перемещать по схеме возвратно–поступательно–вращательным движения конца электрода с целью исключения образования зашлаковок и непроваров в соединениях, свариваемых в горизонтальных положениях.

Горизонтальные швы имеют небольшую длину, до 300 мм, поэтому свариваются напроход, от начала до конца шва. На рисунке 16 схема выполнения горизонтального шва и техника.



А – наружный шов; Б – внутренний шов; а – шаг возвратно-поступательно-вращательного движения электрода.

Рисунок 16 – Схема и техника выполнения горизонтального шва.

Сварку уторного шва выполняют обратноступенчатым способом секциями не более 900мм, в каждой секции сварку также ведут обратноступенчатым способом длиной ступени не более 300мм. Сварку начинают с наружного шва, после его завершения проводят проверку пробы мел-керосин, затем выполняют сварку внутреннего шва. Сварку выполнять возвратно поступательными движениями горелки в направлении сварки и снизу-вверх под углом не более  $15$  градусов.

На рисунке 17 представлена схема выполнения уторного шва.

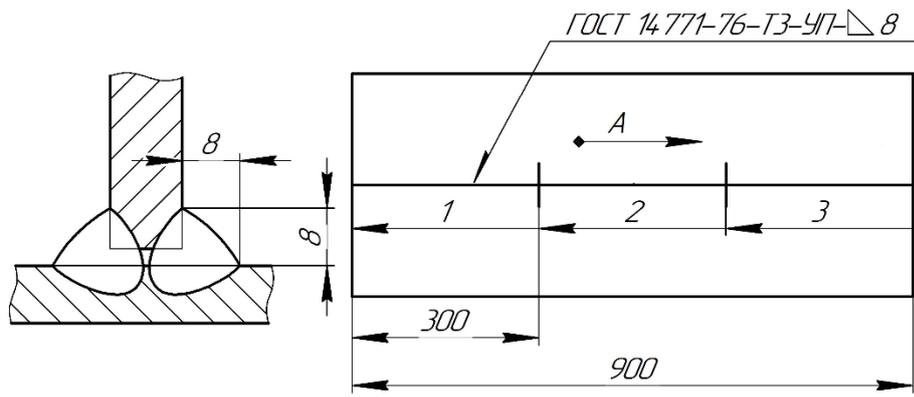


Рисунок 17 – Схема выполнения уторного шва.

## 7 Контроль качества

Контроль качества сварных соединений является главным показателем соответствия соединений требованиям предъявляемых к изделию.

Согласно ГОСТ 31385–2016 методы контроля сварных соединений конструкции стенки резервуара представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Методы контроля сварных соединений стенки резервуара

Зона контроля	Методы контроля				
	Визуально измерительный	Вакуумирование	РК	УЗК	Капиллярный
Вертикальные швы 1-го и 2-го пояса стенки	+	-	+	1*	-
Вертикальные швы остальных поясов	+	-	2*	+	-
Горизонтальные швы	+	-	2*	+	-
Швы перекрестий вертикального и горизонтального швов	+	-	+	-	-
Места удаления сборочных приспособлений	+	-	-	-	+
Шов стенки с днищем	+	+ 3*	-	-	+ 4*

1\* –возможна замена РК

2\*–возможна замена УЗК

3\*–контроль проводится с внутренней стороны

4\*–возможна замена пробой мел керосин наружной стороны, контроль проводят до сварки шва с внутренней стороны.

### 7.1 Визуально измерительный контроль

Визуально измерительный контроль, далее ВИК – один из основных методов неразрушающего контроля, основан на возможностях зрения определять поверхностные дефекты. Контроль проводят в соответствии с инструкцией по визуальному и измерительному контролю РД–03–606–03.

ВИК проводят на стадиях:

- входного контроля;
- подготовки деталей и сборочных единиц к сварке;
- процесса сварки;
- контроля готовых сварных соединений;
- оценки состояния материала и сварных соединений в процессе эксплуатации.

Обнаружение поверхностных дефектов происходит невооруженным глазом или с использованием визуально–оптических приборов до двадцатикратного увеличения.

Для измерения применяются измерительные приборы, внесенные в Государственный реестр средств измерений. Измерительные приборы и инструменты для проведения контроля должны проходить проверку или калибровку в метрологических службах, аккредитованных Госстандартом России.

При ВИК применяют:

- лупы, и измерительные;
- линейки измерительные металлические;
- угольники поверочные 90 градусные лекальные;
- штангенциркули, штангенрейсмасы и штангенглубиномеры;
- щупы;
- микрометры;
- шаблоны, в том числе специальные и универсальные (например, типа УШС);
- штриховые меры длины (стальные измерительные линейки, рулетки) [6].

При визуальном измерительном контроле определяют следующие типы дефектов: трещины; поверхностные поры; усадочные раковины сварного шва (кратер); свищ; подрезы; и разнообразные отклонения формы шва.

## 7.2 Радиографический метод контроля

Радиографический контроль, далее РК, применяют для обнаружения внутренних объемных дефектов в сварных соединениях, а также выявления внешних дефектов объектов, недоступных для внешнего осмотра (подрезов, выпуклостей, вогнутостей).

РК проводят в соответствии с ГОСТ 7512–82.

Принцип контроля заключается в проникающих способностях электромагнитных излучений. Получаемыми рентгеновскими установками. Ионизирующее излучение проникая через сварное соединение ослабляет в зависимости от плотности материала. И воздействует на рентгеновскую пленку. После обработки пленки, в химических реактивах получается изображение сварного соединения. На котором можно разглядеть различные дефекты сварного шва.

РК обладает рядом достоинств: высокая выявляемость объемных дефектов; наглядность; документальность.

К недостаткам метода можно отнести: необходимость двухстороннего доступа к объекту исследования; радиационная опасность; необходимость в специальном помещении для работы или безопасное расстояние.

### 7.3 Ультразвуковой контроль

Ультразвуковой контроль, далее УЗК, основан на механических колебаниях частиц. Ультразвуковая волна, создаваемая пьезоэлектрическим преобразователем, проникает в глубь металла и обнаруживая на своем пути дефекты отражается и принимается преобразователем. Данные обрабатываются ультразвуковым прибором и отображаются на экране в виде диаграмм.

УЗК проводится в соответствии с ГОСТ14782–86 "Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые"

УЗК проводят с целью выявления трещин, непроваров, несплавлений, пор, шлаковых и инородных включений в сварных швах, а также, трещин и расслоений в околошовных зонах основного металла резервуаров.

УЗК проводят ручным методом или механизированным способом. Механизированный или автоматизированный способ набирает большую популярность в неразрушающем контроле. В данном проекте большое количество сварных соединений проверяется методом УЗК, поэтому рекомендуется проводить УЗК механизированным способом, в качестве прибора будем использовать ультразвуковой прибор серии СКАНЕР.

СКАНЕР предназначена для обнаружения и определения характеристик дефектов и их координат в сварных соединениях и основном металле резервуаров с толщиной стенки от 5 до 30 мм.

Установка выявляет, идентифицирует и регистрирует дефекты сварных соединений и околошовной зоны с указанием слоя залегания дефекта (верх, середина, низ) и положения относительно оси шва (слева, центр, справа) в направлении сканирования.

Для обеспечения акустического контакта применяют специальные контактные смазки, в том числе, специализированные пасты, гели отечественного и зарубежного производства, или контактные смазки на основе технических смазок и масел. Это гораздо экономичнее чем использование радиографического метода.

Достоинства УЗК: высокая выявляемость плоскостных дефектов; высокая точность местонахождения дефектов; высокая скорость сканирования в механизированном методе; возможность сохранять результаты контроля и выводить информацию на любые носители; экономичность метода.

К недостаткам УЗК можно отнести: наличие мертвой зоны в области малых толщин исследуемых объектов; трудность идентификации результатов контроля; необходимость механической подготовки к контролю, шероховатость поверхности не менее Rz40.

#### 7.4 Вакуумный метод

Вакуумным методом проверяются сварные соединения на предмет герметичности и отсутствия течей. Сварные соединения РВС должны

обладать герметичностью – способность оболочки, отдельных её элементов и соединений препятствовать газовому или жидкостному обмену между средами, разделёнными этой оболочкой.

При вакуумном методе, вакуум–камеры создают разрежение над контролируемым участком с перепадом давления не менее 250 мм вод. ст. Перепады давления проверяются вакуумметром. Нарушение герметичности сварного шва обнаруживается по образованию пузырьков в нанесенном на сварное соединение мыльном или другом пенообразующем растворе.

### 7.5 Капиллярный метод

Капиллярные методы контроля предназначены для выявления невидимых или слабо видимых невооруженным глазом поверхностных и сквозных дефектов (трещины, поры, раковины, непровары, свищи) в объектах контроля, определения их расположения, протяженности и ориентации по поверхности. Капиллярные методы неразрушающего контроля основаны на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей (пенетрантов) в полости поверхностных и сквозных несплошностей материала объекта контроля и регистрации образующихся индикаторных следов визуальным способом.

В ГОСТ 31385–2016 при контроле уторного шва стенки РВС возможна замена капиллярного метода пробой мел керосин наружной стороны, контроль проводят до сварки шва с внутренней стороны.

Контроль герметичности сварных швов с использованием пробы мел керосин производится путем обильного смачивания швов керосином с внутренней стороны и мелом с наружной стороны. Нарушение герметичности сварного шва обнаруживается по появлению на наружной стороне сварного шва пятен.

Проведения комплекса методов неразрушающего контроля в полном объеме и исправлении выявленных недопустимых дефектов, дает гарантии на

качество сварных соединений и соответствия срока службы сварной конструкции РВС.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1В41	Вяткин Артем Витальевич

<b>Школа</b>	ИШНКБ	<b>Отделение</b>	Отделение электронной инженерии
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление</b>	15.03.01 Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научно-технической работы (НТР): материально-технических, энергетических, финансовых и, информационных	Стоимость ресурсов научно-технической работы (НТР): – Прейскурант; – Положение об оплате труда.
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов	Используемая система налогообложения, ставка налогов

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка графика	Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка календарного плана-графика проведения НТР
2. Планирование и формирование сметы НТР	Планирование и формирование сметы НТР: – материальные затраты НТР; – полная заработная плата исполнителей темы; – отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления); – накладные расходы.
3. Оценка научного - технического уровня	Оценка научного технического уровня на основе интегральной оценки эффективности НТР

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Календарный план-график проведения научно-технической работы;
2. Смета на разработку технологического процесса.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент ОСГН ШБИП	Жаворонок А.Р.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1В41	Вяткин Артем Витальевич		

## 8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- планирование научно-исследовательских работ;
- определение сметы на осуществление научно-технической работы;
- оценка научного – технического уровня работы.

### 8.1 Планирование научно-технических работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

#### 8.1.1 Структура работ в рамках научно-технической работы

Для выполнения научно–технической работы была сформирована рабочая группа в составе: научного руководителя (к.т.н., доцент) и студента.

В рамках проведения научного исследования, в данном разделе был составлен перечень этапов:

1 составление и утверждение темы проекта – определение задачи цели научной работы, отражающих сущность и характер работ;

2 календарное планирование работ – устанавливает логическую последовательность, очередность и сроки выполнения отдельных этапов работы и их контроля;

3 анализ актуальности темы – определение востребованности темы в теории и практике для решения конкретной задачи;

4 поиск и изучение материала по теме – выбор научных и методических источников по проблеме;

5 выбор направления исследований – формулирование идеи решения научно–технической задачи, и определение оптимального варианта выполнения работ;

6 изучение литературы по теме – изучение научных и методических источников по проблеме;

7 подбор нормативных документов – выбор нормативных документов регламентирующих выполнение работ по данной теме;

8 изучение влияния процесса поверхностного натяжения переноса металла, далее STT, на качество шва – анализ влияния правильного выбора параметров режима сварки, определение количества разбрызгивания электродного метала;

9 сварка образцов – проведение сварочных работ для определения параметров режимов сварки;

10 изучение результатов – изучение экспериментальных образцов, определение количества наплавленного металла;

11 анализ результатов – подведение итогов и обобщение результатов научно-технической работы, сопоставление результатов анализа научно-информационных источников и экспериментальных исследований, выпуска обобщенной отчетной научно–технической документации по НТР, оценки эффективности полученных результатов;

12 оформление отчета ВКР – оформление результатов проектной деятельности, окончательная проверка работы преподавателем, подготовка к защите;

13 защита ВКР.

Произведено распределение исполнителей по видам работ.

Полученные данные приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Календарное планирование работ	Научный руководитель, студент
	3	Анализ актуальности темы	Научный руководитель
Выбор направления исследования	4	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	5	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Научный руководитель, студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение влияния STT на качество шва	
Практические исследования	9	Сварка образцов	Научный руководитель, студент
	10	Изучение результатов	
Оценка полученных результатов	11	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	12	Оформление отчета ВКР	Научный руководитель, студент
	13	Защита ВКР	Студент

### 8.1.2 Трудоемкость выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научно-технической работы оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения

ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ож\ i}$  используется следующая формула[12]:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{мин\ i} + 2t_{макс\ i}}{5}, \quad (9)$$

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

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

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

Полученные значения вносим в таблицу 17.

После заполнения таблицы 17 строим календарный план–график таблица 18. График строится с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Таблица 17 – Временные показатели проведения научно-технической работы

Название работы	Трудоемкость работ, раб. дни						Длительность работ в рабочих днях	
	$t_{\min}$		$t_{\max}$		$t_{\text{ож}}i$			
	Научный руководитель	Студент	Научный руководитель	Студент	Научный руководитель	Студент	Научный руководитель	Студент
Составление и утверждение темы проекта	1	-	1	-	1	-	1	-
Календарное планирование работ								
Анализ актуальности темы	2	1	2	10	2	4,6	2	5
Поиск и изучение материала по теме	1	15	1	30	1	21	1	21
Выбор направления исследований	1	1	1	3	1	1,8	1	2
Изучение литературы по теме	-	10	-	30	-	18	-	18
Подбор нормативных документов	1	3	1	10	1	5,8	1	6
Изучение влияния СТП на качество шва	-	5	-	10	-	7	-	7
Сварка образцов	1	3	1	10	1	5,8	1	6
Изучение результатов проведенной обработки	1	5	1	10	1	7	1	7
Анализ результатов	1	2	1	6	1	3,6	1	4
Оформление отчета ВКР	1	14	1	30	1	20,4	1	20
Защита ВКР	-	1	-	-	-	1	-	1

Таблица 18 – Календарный план-график проведения научно-технической работы

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал. Дн.	Продолжительность выполнения работ											
				Март			Апрель			Май			Июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	1	-											
2	Календарное планирование работ														
3	Анализ актуальности темы	Руководитель	2	-											
		Студент	5	—											
4	Поиск и изучение материала по теме	Руководитель	1			-									
		Студент	21	—											
5	Выбор направления исследований	Руководитель	1			-									
		Студент	2			—									
6	Изучение литературы по теме	Студент	18				—								
7	Подбор нормативных документов	Руководитель	1						-						
		Студент	6						—						
8	Изучение влияния STT на качество шва	Студент	7						—						
9	Сварка образцов	Руководитель	1								-				
		Студент	6							—					
10	Изучение результатов	Руководитель	1									-			
		Студент	7								—				
11	Анализ результатов	Руководитель	1										-		
		Студент	4									—			
12	Оформление отчета ВКР	Руководитель	1											-	
		Студент	20										—		
13	Защита ВКР	Студент	1											-	

Общая продолжительность выполнения работ для преподавателя составила 10 раб. дн., для студента - 92 раб. дн.

## 8.2 Смета на осуществление научно-технической работы (НТР)

При расчете сметы НТР должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с ее выполнением. В процессе формирования сметы НТР используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТР;
- полная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

### 8.2.1 Материальные затраты НТР

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле [12]:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (10)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (в нат. ед.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.  $k_T = 0,15$ .

Перечень стоимости материалов необходимых для данной разработки приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Материальные затраты

Наименование	Единица изм.	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Защитный газ	дм <sup>3</sup>	20	77	1540
Сварочная проволока Ø1,2 мм, 10 кг	шт.	1	3890	3890
Листовая сталь 09Г2С	кг.	80	35,5	2840
Итого				8270

С учетом транспортных расходов (5%), материальные затраты составят:  
 $Z_M = 1,05 \cdot 8270 = 8683,5 \text{руб.}$

### 8.2.2 Полная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата определяется в соответствии с количеством отработанного времени по теме и установленным штатно-должностным окладом. Полная заработная плата определяется по формуле [12]:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (11)$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле [12]:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (12)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица18).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [12]:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M}{T} \quad (13)$$

где  $Z_M$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$T$  – количество рабочих дней в месяце.  $T=26$  дней, при 6-дневной рабочей неделе.

Месячный должностной оклад работника [12]:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot k_p \quad (14)$$

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

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

Результаты расчета фонда заработной платы представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Основная заработная плата

Исполнители	Должность, ученая степень	Трудоемкость выполнения работы $T_{исп}$ , дн.	Оклад, руб./мес	Месячный должностной оклад, руб.	Среднедневная заработная плата, руб.	Основная заработная плата исполнителя $Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	доцент, к.т.н.	10	33664	43763	1683	16830
Студент		91	12300	15990	615	55965
Итого						72797

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 12–15 % от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы [12]:  $Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$ , (15)

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты.

Принимаем коэффициент дополнительно зарплаты равным 0,12 для студента и 0,15 для руководителя.

Результаты расчета дополнительной заработной платы приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Полная заработная плата

Исполнители	Коэффициент дополнительной зарплаты, $k_{\text{Доп}}$	Основная заработная плата исполнителя $Z_{\text{осн}}$ , руб.	Дополнительная заработная плата исполнителя $Z_{\text{доп}}$ , руб.	Полная заработная плата, руб.
Руководитель	0,15	16832	2524	19356
Студент	0,12	55965	6715	62680
Итого		72797	9240	82037

В данном разделе были определены затраты на фонд заработной платы, который равен 72797 рублей и на дополнительную заработную плату 9240 рублей.

### 8.2.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [12]:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (16)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

В соответствии с "Налоговым кодексом Российской Федерации (часть вторая)" от 05.08.2000 N117-ФЗ (ред. от 01.05.2019) установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

$$Z_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 82037 = 24775 \text{руб.}$$

### 8.2.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и

телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина составляет 16 % от общей суммы НТР.

### 8.2.5 Формирование сметы на научно–техническую работу

Расчет сметы на разработку приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Смета на разработку технологического процесса

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Структура затрат, %
Материальные затраты	8,68	6,3
Затраты на полную заработную плату исполнителей	82,037	59,74
Отчисления во внебюджетные фонды	24,775	17,96
Накладные расходы	21,973	16,0
<b>ИТОГО</b>	<b>137,335</b>	<b>100,0</b>

В данном разделе были определены основные статьи расходов на реализацию данного проекта. Таким образом, затраты на разработку НТР составили 137,34 тыс. руб., в том числе примерно 59,74% на оплату труда.

Таблица 23 – Стоимость спецоборудования

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Источник питания Power Wave S350	1	718,6	718,6
Модуль Power Wave STT	1	367,4	367,4
Механизм подачи проволоки Power Feed 84 Single One-Pak	1	375	375
Газовый редуктор LE711Z008	1	11,5	11,5
Сварочная горелка Linc Gun 360G	1	11,9	11,9
<b>Итого</b>			<b>1484,4</b>

Следует отметить, что для выполнения данной работы потребовалось оборудование на сумму 1,48 млн. руб. Данные по расчету стоимости требуемого оборудования представлены в таблице 23.

Первоначальная стоимость оборудования будет складываться из цены приобретения оборудования и дополнительных затрат на его транспортировку, монтаж и наладку (15% от цены приобретения):

$$C_{\text{перв}} = C_{\text{общ}} \cdot 1,15,$$

где  $C_{\text{общ}}$  – общая стоимость спецоборудования. (17)

$$C_{\text{перв}} = 1484,4 \cdot 1,15 = 1707,6 \text{ тыс. руб.}$$

### 8.3 Оценка научного - технического уровня

Результатом НТР является достижение научно-технического, экономического и социального эффектов. Научно–технический эффект характеризует возможность использования результатов выполняемых исследований в других научных исследованиях и обеспечивает получение информации, необходимой для создания новой продукции. Оценка научной и научно-технической результативности НТР производится с помощью системы взвешенных балльных оценок. На основе оценок новизны результатов, их ценности, масштабам реализации определяется показатель научно-технического уровня по формуле [13]:

$$H_m = \sum_{i=1}^n K_i \cdot \Pi_i, \quad (18)$$

где  $K_i$  - весовой коэффициент  $i$ -го признака научно-технического эффекта,  $\Pi_i$  - количественная оценка  $i$ -го признака научно-технического уровня работы.

Значения весовых коэффициентов признаков научно-технического эффекта отражены в таблице 24.

Таблица 24 – Весовые коэффициенты признаков НТР

Признак научно-технического эффекта НТР(i)	Примерные значения весового коэффициента ( $K_i$ )
Уровень новизны	0,4
Теоретический уровень	0,1
Возможные реализации	0,5

Количественная оценка уровня новизны НТР определяется на основе значения баллов по таблице 25.

Таблица 25 – Количественная оценка уровня новизны НТР

Уровень новизны разработки	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Результаты исследований открывают новое направление в данной области науки и техники	8 - 10
Новая	По новому или впервые объяснены известные факты, закономерности	5 - 7
Относительно новая	Результаты исследований систематизируют и обобщают имеющиеся сведения, определяют пути дальнейших исследований	2 - 4
Традиционная	Работа выполнена по традиционной методике, результаты которой носят информационный характер	1
Не обладающая новизной	Получен результат который ранее был известен	0

Теоретический уровень полученных результатов НТР определяется на основе значения баллов, приведенных в таблице 26.

Таблица 26 – Количественная оценка теоретического уровня НТР

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
Установление закона; разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблемы: многоаспектный анализ связей, взаимозависимости между фактами с наличием объяснения	8
Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство и т.п.)	6
Элементарный анализ связей между фактами с наличием гипотезы, симплексного прогноза, классификации, объясняющей версии или практических рекомендаций частного характера	2
Описание отдельных элементарных фактов (вещей, свойств и отношений); изложение опыта, наблюдений, результатов измерений	0,5

Возможность реализации научных результатов определяется на основе значения баллов по таблице 27.

Таблица 27 – Возможность реализации научных результатов

Время реализации	Баллы
В течении первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Более 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
Отрасль (министерство)	4
Народное хозяйство	10
Примечание: Баллы по времени и масштабам складываются	

Результаты оценок признаков отображены в таблице 28.

Таблица 28 – Количественная оценка признаков НТР

Признак научно-технического эффекта НТР	Характеристика признака НТР	$K_i$	$P_i$
Уровень новизны	Систематизируют и обобщают сведения, определяют пути дальнейших исследований	0,4	3
Теоретический уровень	Элементарный анализ связей между фактами с наличием гипотезы, симплексного прогноза, классификации, объясняющей версии или практических рекомендаций частного характера	0,1	2
Возможность реализации	Время реализации в течение первых лет	0,5	12

По формуле 18 найдем показатель научно-технического уровня:

$$H_m = 0,4 \cdot 3 + 0,1 \cdot 2 + 0,5 \cdot 12 = 7,4.$$

Таблица 29 – Оценка уровня научно-технического эффекта

Уровень научно-технического эффекта	Показатель научно-технического эффекта
Низкий	1 - 4
Средний	5 - 7
Сравнительно высокий	8 - 10
Высокий	11 - 14

В соответствии с таблицей 29 уровень научно–технического эффекта настоящей работы – средний.

В ходе выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы была определена рабочая группа в составе двух исполнителей, разработан календарный план-график проведения НТР, по его результатам продолжительность выполнения работ для преподавателя составила 10 раб. дн., для студента – 92 раб. дн.

Кроме этого была рассчитана смета научно-технической работы, которая включает материальные затраты, затраты по основной и дополнительной заработной плате исполнителей, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы. Сумма по смете составила 137,34 тыс. руб.

Работа имеет средний уровень научно-технического эффекта.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1В41	Вяткин Артем Витальевич

<b>Школа</b>	ИШНКБ	<b>Отделение</b>	Электронной инженерии
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление</b>	15.03.01 «Машиностроение»

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения:	Объектом исследования является Технология сборки и сварки вертикального резервуара 10000м <sup>3</sup> , Красноярский край, Кузюбинского ЦПС. Материал для изготовления РВС - сталь 09Г2С. Собранный РВС предназначается для хранения нефти.
---	--

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой среды 2.2. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы сварочного участка: 1) электроопасность; 2) повышенная загазованность воздуха рабочей зоны, наличие в воздухе рабочей зоны вредных аэрозолей; 3) неудовлетворительный микроклимат; 4) повышенная температура обрабатываемого материала, изделий, наружной поверхности оборудования и внутренней поверхности замкнутых пространств, расплавленный металл; 5) ультрафиолетовое и инфракрасное излучение; 6) повышенная яркость света при осуществлении процесса сварки; 7) повышенные уровни шума и вибрации на рабочих местах; 8) физические и нервно-психические перегрузки; 9) движущиеся транспортные средства, грузоподъемные машины, перемещаемые материалы и инструмент.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Анализ источников загрязнения окружающей среды:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– металлические отходы;</li> <li>– вредные вещества, выделяемые при сварке (пыль, газ, аэрозоли окисей металлов, входящих в состав сварочных материалов).</li> </ul> <p>Решение по обеспечению экологической безопасности.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> <li>– Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев Милий Всеволодович			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1В41	Вяткин Артем Витальевич		

## 9 Социальная ответственность

Социальная ответственность – это этический принцип, заключающийся в том, что для реализации общественного долга в процессе принятия решений необходим учёт не только интересов индивидов или организаций, принимающих эти решения, но и интересов, ценностей и целей широких социальных групп и общества в целом.

Объектом исследования является резервуар вертикальный со стационарной крышей объемом 10000м<sup>3</sup>, далее РВС, расположенный в Красноярском крае, Куюмбинского ЦПС. Задачи исследования: анализ возможных опасностей при сварочном производстве РВС и последствий их воздействия на организм человека, анализ эффективных мероприятий по защите от выявленных опасностей.

### 9.1.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Регулирование трудовых отношений в соответствии с Конституцией РФ осуществляется: трудовым законодательством, состоящим из Трудового кодекса, иных федеральных законов и законов субъектов РФ, содержащих нормы трудового права; иными нормативными правовыми актами (указы Президента РФ; постановления Правительства РФ и нормативно правовые акты федеральных органов исполнительной власти), а также коллективными договорами, соглашениями и локальными нормативными актами.

### 9.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Производство сварочно-монтажных работ должно осуществляться с оформлением наряда-допуска на огневые работы. При производстве работ должен быть организован контроль воздушной среды на загазованность.

Применяемые при проведении работ сварочное оборудование, переносной электроинструмент, освещение, средства индивидуальной защиты должны соответствовать требованиям правил устройства электроустановок, правил эксплуатации электроустановок потребителей.

К проведению сварочных работ и работ с переносным электроинструментом допускаются лица, прошедшие предварительное обучение, проверку знаний инструкций по охране труда.

Перед началом электросварочных работ необходимо проверить исправность изоляции сварочных кабелей и сварочных горелок, а также плотность соединений всех контактов.

Кабели, подключенные к сварочным аппаратам, распределительным щитам и другому оборудованию, а также в местах сварочных работ, должны быть надежно изолированы от действия высокой температуры, химических воздействий и механических повреждений.

Переносной электроинструмент, светильники, ручные электрические машины должны быть подключены только через устройство защитного отключения.

На корпусе электросварочного аппарата должен быть указан инвентарный номер, дата следующего измерения сопротивления изоляции и принадлежность подразделению.

Запрещается проведение сварочных работ во время снега или дождя без применения навеса над местом производства работ и ветра со скоростью свыше 10 м/сек.

Запрещается проведение сварочно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ в грозу.

При оставлении места работы сварщик должен отключить сварочный аппарат.

При транспортировании газовых баллонов на них должны быть накручены колпаки, кроме того, на баллонах с горючими газами на боковом штуцере должны быть установлены заглушки.

Совместная транспортировка кислородных баллонов и баллонов с горючими газами не допускается. В исключительных случаях допускается одновременная транспортировка не более 10 баллонов с кислородом и горючими газами, суммарно.

Баллоны должны подвергаться техническому освидетельствованию. На горловине баллона должна быть выбита дата следующего освидетельствования. Использование баллонов с истекшим сроком освидетельствования не допускается.

Расстояние от баллонов до источников открытого огня должно составлять не менее 5м. Баллоны должны быть защищены от воздействия прямых солнечных лучей.

Редукторы, используемые для снижения давления, должны быть окрашены в тот же цвет, что и баллон. Пользоваться редукторами, имеющими неисправные или с истекшим сроком поверки манометры, запрещается.

Замерзшие редукторы допускается отогревать только горячей водой. Запрещается подогревать баллоны для повышения давления.

Периметровое ограждение должно быть реализовано с использованием ограждений или чувствительного защитного оборудования.

## 9.2 Производственная безопасность

В данном пункте проведем анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникать на строительной площадке при проведении сварочно-монтажных работ или эксплуатации проектируемого РВС.

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015

Таблица 30 – Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Оптимальные и допустимые показатели микроклимата в рабочей
2. Превышение уровня шума и вибрации		+	+	

3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	зоне производственных помещений по ГОСТ 12.1.005-88.
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-2014 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002.
5. Повышенная яркость света при осуществлении процесса сварки		+	+	Нормы освещенности по СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1) для «Механических, инструментальных цехов, отделений, участков, цеха оснастки ОТК.
6. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение		+	+	Знаки безопасности по ГОСТ 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний (с Поправками).
7. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ Р 54578-2011 Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия.
8. Повышенная температура обрабатываемого материала, изделий, наружной поверхности оборудования и внутренней поверхности замкнутых пространств, расплавленный металл;		+	+	СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту
9. Физические и нервно-психические перегрузки	+	+	+	СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах"
10. Падающие предметы (элементы оборудования) и инструмент	+	+	+	ПРИКАЗ от 12 апреля 2011 года N 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых
11. Движущиеся транспортные средства, грузоподъемные машины, перемещаемые материалы и инструмент	+	+	+	
12. Пожароопасность	+	+	+	

				<p>на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда» (с изменениями на 6 февраля 2018 года)</p> <p>Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. N 69-ФЗ "О пожарной безопасности" (с изменениями и дополнениями)</p> <p>Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 года № 390 «О противопожарном режиме» (с изменениями на 7 марта 2019 года)</p> <p>Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» №123 – ФЗ от 22.07.2008г.</p>
--	--	--	--	--

## 9.2.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов

### 9.2.1.1 Микроклимат

На рабочих местах большое значение отводится созданию допустимых комфортных условий труда, которое обеспечиваются параметрами микроклимата и степенью запыленности воздуха.

Оптимальные параметры микроклимата – такое сочетание температуры, относительной влажности и скорости воздуха, которое при длительном и систематическом воздействии не вызывает отклонений в состоянии человека. По ГОСТ 12.1.005–88 установлены предельно допустимые концентрации вредных веществ  $q_{\text{пдк}}$  (мг/м<sup>3</sup>) в воздухе рабочей зоны производственных помещений. Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на четыре класса. Сварочные работы относятся к 1 классу опасности. Сварочная пыль на 99 % состоит из частиц размером  $10^{-3} \dots 1$  мкм, около 1% – 1...5 мкм, частицы размером более 5 мкм составляют всего десятые доли процента. Химический состав выделяющихся при сварке загрязнений зависит в основном от состава сварочных материалов (проволоки, покрытий, флюсов) и в меньшей степени от состава свариваемых металлов. В состав сварочного аэрозоля входят соединения хрома, марганца, фториды и др. Пыль,

образующаяся при сварке, а также шлифовании, может быть причиной профзаболеваний.

Наиболее частыми профессиональными заболеваниями сварщиков являются:

- пылевой бронхит;
- пневмокониоз;
- бронхиальная астма;
- профессиональная экзема;
- нейротоксикоз (интоксикация марганцем).

При сварке в углекислом газе на 1 кг электродной проволоки выделяется 0,2 – 1,8 г оксидов марганца, 0,5 – 2,0 г оксидов хрома, 8,0 – 12,0 г оксидов железа, 2,7 – 3,0 г оксидов углерода, 0,06 – 0,1 г оксидов азота.

Концентрация вредных веществ в рабочей зоне, при данном виде сварки, представлена в таблице 31.

Таблица 31 – Концентрация вредных веществ в рабочей зоне

Вредные вещества	Концентрация в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Предельно допустимая концентрация, мг/м <sup>3</sup>
Марганец	0,1-0,22	0,2
Озон	0,05-0,1	0,1
Оксид железа	3,-6,5	6,0
Оксид углерода	4,5-7,0	20
Оксид азота	1,5-3,0	5,0

При производстве сварочных работ высокая температура дуги (6000-80000°С) неизбежно приводит к тому, что часть сварочной проволоки переходит в парообразное состояние. Эти пары, попадая в атмосферу, конденсируются и превращаются в аэрозоль, частицы которой по дисперсии приближаются к дымам и легко попадают в дыхательную систему сварщиков.

Признаками отравления обычно являются: головокружение, головные боли, тошнота, рвота, слабость, учащенное дыхание и др. Отравляющие вещества могут также откладываться в тканях организма человека и вызывать хронические заболевания.

Мероприятиями по борьбе с загрязнениями воздуха служат внедрение новых марок покрытий электродов и порошков с наименьшими токсичными свойствами; приточно-вытяжная вентиляция; устройство передвижных отсосов; приток свежего воздуха от воздухопроводов через шлем; пользование респиратором с химическим фильтром, а иногда и противогазом.

Влажность воздуха оказывает большое влияние на терморегуляцию организма. Движение воздуха в помещениях является важным фактором, влияющим на тепловое самочувствие человека. Относительная высокая скорость воздуха (более 0,3–0,5 м/с) может мешать технологическому процессу при сварке в среде защитных газов. В сварочном цехе значения микроклимата не должны превышать допустимых значений, приведенных в таблице 32.

Таблица 32 – Оптимальные нормы микроклимата в сварочном цеху

Сезон года	Температура, °С	Относ. влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более	Температура воздуха вне постоянных рабочих мест, °С	Тепловое облучение, Вт/м <sup>2</sup>
Холодный и переходный периоды	18-20	60-40	0,2	13-24	800-1000
Теплый период	21-23	60-40	0,3	24-28	1000-1500

При выполнении указанных мероприятий, условия труда на строительной площадке по микроклимату и воздействию среды соответствуют допустимым нормам.

### 9.2.1.2 Шум и вибрация

Производственный шум, это сочетание различных по частоте и силе звуков. Вибрация — механические колебания материальных точек или тел.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- движущиеся транспортные средства, грузоподъемные машины;
- сварочная дуга;
- слесарный инструмент: молоток, шабер, машинка ручная шлифовальная и др.

Потенциальные последствия шумового воздействия на организм человека [14]:

- потеря слуха;
- потеря равновесия;
- потеря понимания ситуации, дезориентация;
- любые другие последствия (например, механические) воздействия на условия окружающей среды или отвлечение внимания.

Если уровень шума не снижается в пределах нормы, используются индивидуальные средства защиты (наушники, шлемофоны).

Источниками вибраций на производстве является различное производственное оборудование.

Последствия вредного воздействия вибрации на организм человека [14]:

- утомление;
- неврологическое поражение;
- сосудистые нарушения;
- соударения.

Нормирование вибрации проводят по двум направлениям: санитарно-гигиеническому и техническое (защита оборудования) по ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ Вибрационная безопасность.

Предельно допустимые нормируемых параметров производственной локальной вибрации при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч) приведены в таблице 33.

Таблица 33 – Предельно допустимые значения производственной локальной вибрации

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям $X_0, Y_0, Z_0$			
	виброускорения		виброскорости	
	м/с <sup>2</sup>	дБ	м/с · 10 <sup>-2</sup>	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,8	129	1,4	109
63	5,6	135	1,4	109
125	11,0	141	1,4	109
250	22,0	147	1,4	109
500	45,0	153	1,4	109
1000	89,0	159	1,4	109
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	2,0	126	2,0	112
* Работа в условиях воздействия вибрации с уровнями, превышающими настоящие санитарные нормы более чем на 12дБ (в 4 раза), по интегральной оценке, или в какой-либо октавной полосе, не допускается.				

Методы снижения вибрации: снижение вибрации в источнике ее возникновения, конструктивные методы (виброгашение, вибродемпфирование – подбор определенных видов материалов, виброизоляция). Виброгашение осуществляют путем установки агрегатов на фундаментах. Для защиты от вибраций на автоматических и полуавтоматических установках установлены виброизоляции.

При механизации сварочного производства, а также применении указанных методов для снижения вибрации на рабочем месте, условия труда на строительной площадке соответствуют допустимым нормам.

### 9.2.1.3 Освещение

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

Во всех производственных помещениях, в которых постоянно пребывает человек, должно быть предусмотрено естественное освещение, создаваемое светом неба.

В вечернее или ночное время, а также при недостаточности естественного освещения в дневное время применяют искусственное освещение, создаваемое электрическими лампами. Для сборочно-сварочных мест можно применять общее или комбинированное (общее и местное) освещение. Общее освещение может быть равномерным или локализованным.

Уровень освещенности должен быть не менее 500 Лк (см. ИСО 8995–1). Освещение рабочей зоны на строительной площадке соответствует установленным требованиям.

### 9.2.1.4 Повышенная яркость света. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение

В процессе электросварки сварочной дугой излучается свет различных диапазонов. Спектр излучения сварочной дуги включает в себя диапазон инфракрасных волн (3430–750нм), видимый диапазон (750–400нм) и ультрафиолетовый диапазон (400–180нм).

Интенсивность оптического излучения сварочной дуги и его спектральные характеристики зависят от мощности дуги, способа сварки, вида сварочных материалов, защитных и плазмообразующих газов.

Ультрафиолетовое излучение не воспринимается глазом человека и поэтому опасно вдвойне. Ультрафиолетовое излучение, прежде всего, действует на глаза, вызывая повреждение роговицы, хрусталика и сетчатки, что приводит к необратимым последствиям и потере зрения.

Слепящая яркость видимого света при высокой интенсивности облучения также вредно воздействует на глаза. Особенно опасна синяя часть

спектра излучения дуги или газового факела, которая в сочетании с воздействием инфракрасного излучения вызывает фотохимические повреждения сетчатки глаза.

Инфракрасное излучение также, как и ультрафиолетовое, не воспринимается глазом человека. Инфракрасное излучение, особенно длинноволновое поглощается тканями организма человека, вызывая их нагрев, который может привести к ожогам. При отсутствии средств индивидуальной защиты воздействие теплового излучения с интенсивностью, превышающей допустимый уровень, может привести к нарушениям терморегуляции, тепловому удару.

Допустимая плотность потока энергии электромагнитного излучения оптического диапазона (ультрафиолетового, видимого, инфракрасного) на рабочих местах должна соответствовать требованиям, установленным соответствующими нормативными правовыми актами представлено в таблице 34.

Таблица 34 – Допустимые уровни оптической облученности при сварочной операции

Область спектра	Область излучения	Длина волны, мкм	Допустимая плотность потока излучения, Вт/м <sup>2</sup>
Ультрафиолетовая	С	200-280	0,001
Ультрафиолетовая	В	280-315	0,01
Ультрафиолетовая	А	315-400	10,0
Видимая		400-760	В соответствии со СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.
Инфракрасная		760-1000	

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги. Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Использование СИЗ при работе на строительной площадке позволяет сократить воздействие вредных факторов на организм.

#### 9.2.1.5 Электроопасность

Согласно ПУЭ все электроустановки по условиям электробезопасности принято разделять на 2 группы:

- электроустановки напряжением до 1000В (1кВ);
- электроустановки напряжением выше 1000В (1кВ).

В нашем случае применяемое сварочное оборудование: источник питания POWER WAVE S350, модуль Power Wave STT, механизмом подачи проволоки Power Feed 84 Single One-Pak, напряжения 220/380В, а также УШМ, работающая от напряжения 220В., следовательно, оборудование относится к 1 категории опасности.

Наиболее распространенными причинами электротравматизма являются:

- появление напряжения там, где его в нормальных условиях быть не должно (на корпусах оборудования, на металлических конструкциях сооружений и т.д.); чаще всего это происходит вследствие повреждения изоляции;
- возможность прикосновения к незаземленным токоведущим частям при отсутствии соответствующих ограждений;

- воздействие электрической дуги, возникающей между токоведущей частью и человеком в сетях напряжением выше 1000В, если человек окажется в непосредственной близости от токоведущих частей;
- прочие причины: несогласованные и ошибочные действия персонала, подача напряжения на установку, где работают люди, оставление установки под напряжением без надзора, допуск к работам на отключенном электрооборудовании без проверки отсутствия напряжения и т.д.

В качестве обеспечения вопросов электробезопасности для наиболее актуальны:

- молниезащита;
- защита от статического электричества;
- защитное заземление.

Мерами защиты от электротравм являются:

- оградительные устройства;
- устройства автоматического контроля и сигнализации;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления и зануления;
- устройства автоматического отключения;
- устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения;
- устройства дистанционного управления;
- предохранительные устройства;
- молниеотводы и разрядники;
- знаки безопасности.

Применение указанных защитных мер обеспечивает электробезопасность при монтаже и сварочном производстве РВС.

9.2.1.6 Повышенная температура обрабатываемого материала, изделий, наружной поверхности оборудования и внутренней поверхности замкнутых пространств, расплавленный металл

Причины опасного воздействия:

- горячие поверхности, связанные с рабочим органом, оборудованием или обрабатываемой деталью;
- взрывоопасная атмосфера, вызванная технологическим процессом. например, окраска (распыленные частицы, порошковая окраска), огнеопасные растворители, пыль при шлифовке и фрезеровании;
- огнеопасные материальные объекты (внутри пылеулавливающих систем, промывочных ванн, установок герметизации)

Последствия воздействия:

- ожоги (от горячего или холодного);
- лучевое поражение.

Для предотвращения получения ожогов при сварочных работах используются индивидуальные средства защиты.

При электросварочных работах основным таким приспособлением является защитная маска, смотровое отверстие которой оснащено светофильтром, задерживающим инфракрасные и ультрафиолетовые лучи и снижающим яркость светового потока дуги. Выбор светового фильтра производят в зависимости от мощности дуги и способа сваривания. Для защиты от ожогов кожного покрова применяют брезентовую спецодежду и рукавицы. Запрещается выполнять сварочные работы с закатанными рукавами и расстегнутым воротом. Спецодежда и обувь сварщика должны обеспечивать оптимальный теплообмен организма при работе с физическими нагрузками, эффективно защищать от брызг расплавленного металла и опасных метеофакторов, иметь оптимальные весовые характеристики, не стеснять свободу движений, отвечать эстетическим требованиям.

Для защиты ног следует применять кожаную (летом) или войлочную (зимой) обувь, защищающую от теплового излучения, холода, искр, брызг расплавленного металла.

Руки защищают рукавицами от теплового излучения, контакта с нагретыми выше 45°C поверхностями, от низких температур и сварочных брызг.

Для защиты окружающих от светового потока и искр расплавленного металла используют перегородки, переносные ширмы и т.д.

Использование СИЗ при работе на строительной площадке позволяет сократить воздействие вредных факторов на организм.

#### 9.2.1.7 Вредные психофизиологические факторы

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы по характеру действия подразделяются на следующие:

- физические перегрузки;
- нервно-психические перегрузки.

Физические перегрузки подразделяются на:

- статические;
- динамические.

Нервно-психические перегрузки подразделяются на:

- умственное перенапряжение;
- перенапряжение анализаторов;
- монотонность труда;
- эмоциональные перегрузки.

Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам.

Статические и динамические физические нагрузки у сварщиков при ручной и полуавтоматической сварке вызывают перенапряжение нервной и костно-мышечной систем организма. Статические нагрузки зависят от массы сварочного инструмента (электрододержателя, шлангового держателя полуавтомата), гибкости шлангов и проводов, длительности непрерывной работы и поддержания рабочей позы (стоя, сидя, полусидя, стоя на коленях, лежа на спине).

Наибольшие физические нагрузки ощущаются при выполнении сварочных работ полусидя и стоя при сварке в потолочном положении или лежа на спине в труднодоступных местах.

Динамическое перенапряжение связано с выполнением тяжелых вспомогательных работ: доставка на рабочее место заготовок, сварочных материалов, подъем и переноска приспособлений, поворот свариваемых узлов. Такие нагрузки приводят к утомляемости сварщиков и ухудшению качества сварных швов.

Нервно-психические нагрузки приводят к перенапряжению зрительных анализаторов и возникновению нервно-эмоционального напряжения у сварщиков. Эти нагрузки зависят от напряжения зрения, вызванного непрерывными наблюдениями за недостаточно контрастными элементами зоны сварки небольших размеров (сварочная ванна, зазор в стыке, глубина кратера, шов, затвердевает и т.д.), ответственностью за высокое качество сварных соединений и сложностью работы. Перенапряжение зрительных анализаторов может привести к усталости и как следствие – к нарушению сократительной функции мышц глаз. Нервно-эмоциональное напряжение может нарушить функциональное состояние сердечно-сосудистой и центральной нервной систем (повышение артериального давления, изменение латентного (скрытого) периода двигательной реакции).

Профилактика физиологической перегрузки: механизация и автоматизация труда, рационализация рабочей позы, производственная гимнастика, временное переключение на другую работу, обучение правильным методам и приемам работы, периодические медицинские осмотры и др.

Технологические меры – создание наиболее благоприятных технологических условий для уменьшения утомляемости (механизация, автоматизация, улучшение технических характеристик аппаратуры, инструментов и т.д.)

Рационализация трудового процесса (экономичность, ритмичность, перерывы, отдых и т.д.). Режим работы играет важную роль и определяется тяжестью работы: чем тяжелее работа, тем перерывы чаще и короче. В течение рабочего дня необходим большой перерыв (обеденный). Хороший эффект дает

также производственная гимнастика. Рационализация санитарно-гигиенических условий. Повышение квалификации (тренированности) работников. Высококвалифицированные рабочие обычно утомляются позже.

#### 9.2.1.8 Комбинации опасных факторов

Между вредными и опасными производственными факторами наблюдается определенная взаимосвязь. Например, чрезмерная влажность в производственном помещении и наличие токопроводящей стружки (вредные факторы) повышают опасность поражения человека электрическим током (опасный фактор).

Причины комбинированного воздействия опасных факторов на человека:

- опасности, вызванные многочисленными отказными ситуациями:
- неправильное понимание реальной проблемы или сложной проблемы и выполнение неправильных или ненужных действий;
- выполняемое действие повышает серьезность вреда;
- непреднамеренное открывание удерживающих устройств, вызывающее перемещение объектов под действием остаточных сил (инерции, тяжести, пружин, накопленной энергии);
- неисправность устройства обеспечения безопасности, не позволяющая ему работать надлежащим образом.

Устройства, обеспечивающие безопасность работы человека:

- стационарные или чувствительные ограждения вокруг рабочего пространства.

Производство РВС должно быть спроектировано так, чтобы снизить воздействие потенциальных опасностей на персонал.

#### 9.2.1.9 Специальная оценка условий труда (СОУТ)

Сама спецоценка условий труда заключается в выявлении и измерении вредных и опасных производственных факторов. По ее итогам каждому проверенному рабочему месту присваивается один из четырех классов

опасности. Выбор класса зависит от наличия и интенсивности влияния на работника указанных отрицательных факторов.

Работникам, чьи рабочие места признаны вредными или опасными (3-4 класс) полагаются различные гарантии и компенсации в соответствии с ТК РФ и другими нормативными актами:

- сокращенное рабочее время (ст. 92 ТК РФ).
- повышенные тарифные ставки (ст. 146, 147 ТК РФ).
- дополнительные отпуска (ст. 117 ТК РФ).
- досрочный выход на пенсию (ст. 27 закона от 17.12.2001 № 173-ФЗ «О трудовых пенсиях в РФ»).
- ограничения для работы на таких местах женщин и несовершеннолетних (ст. 253, 265 ТК РФ).
- регулярные медосмотры (ст. 213 ТК РФ).
- предоставление средств индивидуальной защиты.
- выдача молока и лечебно-профилактического питания (ст. 222 ТК РФ).

Своевременное проведение СОУТ способствует выявлению и сокращению рисков путем разработки и внедрения мероприятий по охране труда и улучшению его условий.

### 9.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

Источники загрязнения окружающей среды:

- металлические отходы;
- вредные вещества, выделяемые при сварке (пыль, газ, аэрозоли окисей металлов, входящих в состав сварочных материалов)

Для утилизации металлических отходов используются специальные контейнеры. После наполнения контейнеров, отходы отправляются на переработку.

Предельно допустимая концентрация примесей в атмосфере на территории промышленного предприятия не должна превышать 30% вредных веществ.

Для очистки выбросов в атмосферу, производящихся на участке сборки и сварки, достаточно производить улавливание аэрозолей и газообразных примесей из загрязнённого воздуха.

Большое значение для оздоровления воздушной среды имеет надежная герметизация оборудования, в котором находятся вредные вещества. Через неплотности в соединениях, а также вследствие газопроницаемости материалов происходит истечение находящихся под давлением газов.

Благодаря переработке отходов и использованию устройств для очистки выбросов, загрязнение окружающей среды при строительстве РВС минимизировано.

#### 9.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-2016 ЧС – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

– пожары, взрывы.

В ходе работы есть вероятность выхода из строя оборудования, что может привести к пожару и даже взрыву. Должны быть проведены и хорошо отработаны следующие превентивные меры при возникновении такой ЧС как пожар:

– прогнозирование пожара;

– порядок информирования вышестоящих организаций при возникновении пожара;

– разработка мероприятий по ликвидации пожара;

- правила поведения персонала при пожаре;
- ликвидация последствий пожара и защита персонала.

Места производства сварочных работ должны быть обеспечены средствами пожаротушения. В сварочном цехе используем следующие огнетушители:

- огнетушитель порошковый ОП-3(з);
- огнетушитель углекислотный ОУ-1.

На строительной площадке при строительстве РВС на участке сварки должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители расположены на видных местах вблизи производства сварочных работ. Персонал, отвечающий за проведение ремонтных работ и работ, связанных с устранением последствий пожара должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты кожных покровов и органов дыхания.

## Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы, была представлена технология сборки и сварки, вертикального и уторного шва, вертикального резервуара 10000м<sup>3</sup> с применением механизированной сварки в среде углекислого газа. Подобраны сварочные материалы и оборудование.

Применение комбинированного оборудования с возможностью покапельного переноса металла, значительно уменьшает разбрызгивания электродного металла как при строительстве резервуара, так и разнообразных металлоконструкций, и технологических трубопроводов.

Изготовление резервуара из рулонных заготовок сокращает сроки на производство.

Использование данной технологии и оборудования возможно в условиях Крайнего Севера, где другие способы сварки мало доступны.

Так же был составлен календарный план-график и рассчитана смета с включением материальных затрат, затрат по основной и дополнительной заработной плате, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы.

Проанализированы возможные вредные и опасные факторы при сварочном производстве и предложены мероприятия по снижению их воздействия. Рассмотрены источники загрязнения окружающей среды и представлены мероприятия по их ликвидации, а также возможные чрезвычайные происшествия.

## Список используемых источников

1. ГОСТ 31385-2016 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия
2. СП 365.1325800.2017 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для хранения нефтепродуктов. Правила производства и приемки работ при монтаже
3. ГОСТ 19281-2014 Прокат повышенной прочности. Общие технические условия
4. Справочник сварщика./ Под. ред. В. В. Степанов.- М.: Машиностроение, 1978.
5. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М., «Машиностроение», 1974, 240 с.
6. РД 03-606-03 Инструкциям по визуальному и измерительному контролю
7. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т Ред-кол.: Г.А.Николаев и др. – М.: Машиностроение, 1978
8. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник для студентов вузов.- М.: Машиностроение, 1977.-432с.
9. Сварочные материалы для дуговой сварки: т.1/под общ. ред. Н.Н. Потапова./М.: Машиностроение, 1989. 544 с.: ил.
10. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М., «Машиностроение», 1974, 240 с.
11. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки / Под. ред. А. И. Акулов - М. : Машиностроение, 1977.- 432 с.
12. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
13. Клещева И.В. Оценка эффективности научно-исследовательской деятельности студентов. – СПб: НИУ ИТМО, 2014. – 91 с.

14. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования
15. ГОСТ 12.1.035-81 ССБТ. Оборудование для дуговой и контактной электросварки. Допустимые уровни шума и методы измерений
16. ГОСТ Р 12.4.234-2012 ССБТ. Одежда специальная для защиты от термических рисков электрической дуги. Общие технические требования и методы испытаний
17. ГОСТ Р 12.4.238-2007 ССБТ. Средства индивидуальной защиты глаз и лица при сварке и аналогичных процессах