

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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Разработка технологии ремонта резервуара</b>

УДК 621.791.75.622.692.23-049.32

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Осипенко Дмитрий Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Слободян М.С.	К.Т.Н.,		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

**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 М.В.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Першина А.А.	К.Т.Н.,		

Томск – 2019 г.

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 ИШНКБ	Слободян М.С.	К.Т.Н.,		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А.	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  
 Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»  
 Отделение электронной инженерии

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	Осипенко Дмитрий Александрович

Тема работы:

<b>Разработка технологии ремонта резервуара</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№1860/сот 12.04.2019 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Ремонт дна нефтяного резервуара. Условия эксплуатации резервуара: работа под давлением 2 МПа, температура от минус 70 до плюс 60 °С. При изготовлении используется ручная дуговая сварка и механизированная сварка в среде защитных газов.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(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).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Описание сварной конструкции</li> <li>2 Анализ существующих способов сварки</li> <li>3 Обоснование выбора сварочных материалов</li> <li>4 Обоснование выбора основного сварочного оборудования</li> <li>5 Технология изготовления сварной конструкции</li> <li>6 Технология ремонта РВС 5000</li> <li>7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> <li>8 Социальная ответственность</li> <li>9 Заключение</li> </ol>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Титульный лист</li> <li>2 Конструкционные и сварочные материалы</li> <li>3 Режимы сварки, типы соединений</li> <li>4 Сварочное оборудование</li> <li>5 Предлагаемая технология ремонта дна РВС</li> <li>6 Предлагаемая технология ремонта дна РВС</li> <li>7 Предлагаемая технология ремонта дна РВС</li> <li>8 Предлагаемая технология ремонта дна РВС</li> <li>9 Неразрушающий контроль сварных швов</li> <li>10 Сравнительная оценка способов сварки</li> <li>11 Выводы</li> </ol>
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Технологическая часть/Основная часть	Слободян Михаил Степанович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Жаворонок Анастасия Валерьевна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

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

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Слободян М.С.	К.Т.Н.,		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Осипенко Д.А.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 90 с., 20 рис., 32 табл., 27 источника литературы, 11 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: РВС 5000 м<sup>3</sup>, механизированная сварка в среде защитных газов, технология ремонта днища.

Объектом исследования является технология ремонта резервуара вертикального стального объемом 5000 м<sup>3</sup>.

Цель работы – усовершенствование технологии ремонта днища резервуара вертикального стального объемом 5000 м<sup>3</sup>, разработать последовательность операций демонтажа и монтажа днища таким образом, чтобы не требовалось дополнительных сооружений для проведения ремонта.

Проведен технико-экономический анализ процесса ремонта резервуара вертикального стального объемом 5000 м<sup>3</sup> механизированной сваркой в среде защитных газов.

Проведен анализ вредных и опасных ситуаций на производстве. Предложены мероприятия по их предотвращению и ликвидации в случае возникновения.

Выпускная квалификационная работа инженера выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord 2016 и графическом редакторе «КОМПАС – 3DV14» и представлена на диске записываемый компакт-диск (в конверте на обороте обложки).

## Abstract

Graduate qualification work. 90 pages, 20 images, 32 tables, 27 literary sources, 11 pages of demonstration material (slides).

Key words: vertical steel tank 5000 m<sup>3</sup>, gas metal arc welding in carbon dioxide gas, bottom of tank repair technology.

Target's of research is the repair technology of vertical steel tank, 5000 m<sup>3</sup> volume.

Work objective is repair technology improvement of vertical steel tank bottom, 5000 m<sup>3</sup> volume, to develop operation sequence of installation and deinstallation of tank bottom in such a way so that there is no requirement of new additional structures for repair.

Technical and economic analysis of vertical steel tank 5000 m<sup>3</sup> repair using gas metal arc welding in carbon dioxide gas was carried out.

Analysis of hazardous and dangerous situations during production was carried out. Measures for their prevention and elimination were offered.

Graduate qualification work by the engineer was carried out in text editor Microsoft Word 2016 and Graphics Editor «KOMPAS – 3DV14». It can be found on compact disc recordable. (In the envelope on the reverse of the cover).

## Содержание

Нормативные ссылки: .....	10
Введение .....	12
Литературный обзор .....	14
1 Технические характеристики резервуара вертикального стального объемом 5000 м <sup>3</sup> .....	16
1.1 Общая характеристика и назначение, состав и свойства стали .....	16
1.2 Условия эксплуатации, габариты, тип соединения .....	17
1.3 Оценка свариваемости .....	17
2 Обоснование способа сварки .....	20
3 Сварочное оборудование и материалы .....	23
4 Расчет параметров режима сварки .....	27
5 Технология ремонта резервуара вертикального стального 5000 м <sup>3</sup> .....	33
5.1 Предлагаемая технология ремонта .....	33
5.2 Проведение неразрушающего контроля сварных швов .....	34
5.3 Возможные дефекты при ремонте резервуара и методы их устранения ...	36
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	39
6.1 Потенциальные потребители технического проектирования .....	39
6.2 Планирование технического проектирования работ .....	40
6.2.1 Определение структуры работ .....	40
6.2.2 Определение трудоемкости работ .....	42
6.2.3 Разработка проведения технического проектирования .....	43
6.3 Формирование затрат на техническое проектирование .....	46
6.3.1 Определение норм времени на сварку .....	46
6.3.2 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки .....	53
6.3.3 Материальные затраты .....	54
6.3.4 Затраты на заработанную плату рабочих .....	55
6.3.5 Затраты на отчисления на социальные цели .....	56
6.3.6 Затраты на электроэнергию .....	57
6.3.7 Затраты на оборудование .....	58

6.3.8 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва .....	59
7 Социальная ответственность .....	62
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	62
7.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	63
7.2 Производственная безопасность.....	63
7.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте .....	63
7.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов .....	64
7.3 Экологическая безопасность.....	71
7.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду .....	71
7.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду .....	71
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	73
7.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС.....	73
7.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС.....	75
Заключение .....	79
Список использованных источников .....	80
Приложение А (СПРАВОЧНОЕ) Вид сварочной горелки и разделка кромок ...	83
Приложение Б (СПРАВОЧНОЕ) Разделка кромок и вид дна резервуара .....	84
Приложение В (СПРАВОЧНОЕ) Вид демонтажа дна резервуара .....	85
Приложение Г (СПРАВОЧНОЕ) Вид монтажа и сварки окрайки резервуара ....	86
Приложение Д (СПРАВОЧНОЕ) Сварка дна резервуара .....	87
Приложение Е (СПРАВОЧНОЕ) Сварка дна резервуара .....	88
Приложение Ж (СПРАВОЧНОЕ) Вид дна резервуара и оборудование для неразрушающего контроля .....	89
Приложение З (СПАВОЧНОЕ) Возможный дефект при сварке окрайки .....	90

Определения, сокращения и нормативные ссылки:

$\gamma$  – плотность наплавленного металла

$F_H$  – площадь наплавки

$I_{CB}$  – сварочный ток

$\alpha_H$  – коэффициент наплавки

$U_D$  – напряжение дуги

$l$  – вылет электрода

$d_{\text{Э}}$  – диаметр электрода

$F_n$  – площадь наплавки

$F_{np}$  – площадь проплавления

$G_n$  – масса наплавленного металла

$l_{ш}$  – длина шва

$t_{осн}$  – основное время сварки

$g_n$  – норма расхода газа

$\alpha_n$  – коэффициент наплавки

$\psi_{np}$  – коэффициент формы провара

СО<sub>2</sub> – углекислый газ

РВС – резервуар вертикальный стальной

ПДК – предельно допустимая концентрация

КПД – коэффициент полезного действия

ПДС – предельно допустимый сбор

ПДВ – предельно допустимый выброс

РДС – ручная дуговая сварка

#### Нормативные ссылки:

1. ГОСТ 19282–73 Сталь низколегированная толстолистовая и широкополосная универсальная. Технические условия. – М.: Издательство стандартов 1987 – 30с.
2. ГОСТ 2246–70 Проволока стальная сварочная. Технические условия. – М.: Стандартиформ 2008 – 21с.
3. ГОСТ 8050–85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия. – М.: Стандартиформ 2006 – 25с.
4. СНиП 3.03.01–87 Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту. – М.: Стандартиформ 2013 – 112с.
5. ГОСТ 12.0.003–2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартиформ 2015 – 24с.
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России 2003 г. – 28с.
7. СанПиН 2.2.4.1191–03 Электромагнитные поля в производственных условиях. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России 2003 г. – 41с.
8. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России 2003 г. – 12с.
9. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России 1997 г. – 18с.
10. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: Стандартиформ 2013 – 16с.

11. ГОСТ Р 12.1.019–2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Стандартиформ 2010 – 32с.
12. РД 34.21.122–87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. – М.: ЗАО НТЦ ПБ 2017 – 36с.
13. СП 31–110–2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – М.: ГУП «ЦПП», 2016. – 125 с.
14. СНиП 2.11.03–93 Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы. – М.: ГУП «ЦПП», 2007. – 20 с.
15. ГОСТ 17.2.3.02–2014 Правила установления допустимых выбросов промышленными предприятиями загрязняющих веществ. – М.: Стандартиформ 2014 – 26с.
16. ГОСТ 12.1.005–88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: ИПК Издательство стандартов 2002 – 95с.
17. 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. – М.: Стандартиформ 2017 – 81с.
18. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России 1997 г. – 21с.
19. СНиП 23–05–2010 Естественное и искусственное освещение. – М.: ГУП «ЦПП», 2010. – 104 с.

## Введение

В настоящее время надежность и эффективность работы резервуаров обеспечивается благодаря своевременному и оперативному техническому обследованию, а также качественному проведению ремонтных работ. Это позволяет не допустить аварийных ситуаций, которые могут оказать негативное влияние на окружающую среду, безопасность окружающих, а также на рабочий процесс. Аварийные ситуации на производстве могут повлиять и на финансовую стабильность предприятия.

Наличие в резервуарах жестких сварных соединений и снижение пластичных свойств металла при отрицательных температурах вызывает значительные внутренние напряжения и создает условия, исключающие возможность их перераспределения. В связи с тем, что большинство резервуаров находятся в уличной эксплуатации подвержены воздействию разных климатических условий, непосредственно влияющих на ослабление металла и разрушению защитных поверхностных слоев резервуара, эти и ряд других причин, таких как коррозия снижают эксплуатационную надежность резервуара, иногда приводят к его разрушению.

Периодическое обследование и комплексная дефектоскопия позволяют своевременно выявлять дефекты, которые были допущены при изготовлении, сооружении резервуаров, а также появившиеся в процессе эксплуатации. Диагностика резервуара заключается в выполнении комплекса мероприятий по техническому обследованию, дефектоскопии и обработки полученной информации, составлению заключения о техническом состоянии резервуара и выдачи рекомендаций по дальнейшему его использованию. Чем более надежно оборудование и меньше его отказов, тем меньше простоев в работе транспорта нефти и нефтепродуктов, аварий с его разливом и других вредных для предприятий и окружающей среды последствий. В данном проекте, в технологической его части, рассматривается капитальный ремонт днища резервуара объемом 5000 м<sup>3</sup>.

Объектом исследования является резервуар вертикальный стальной с конической крышей 5000 м<sup>3</sup>. В настоящее время все ремонтные работы выполняются ручной дуговой сваркой покрытыми электродами, в данной работе предлагается использовать механизированную сварку в среде защитных газов, которая обладает рядом преимуществ по сравнению с ручной дуговой сваркой покрытыми электродами.

Цель работы – усовершенствование технологии ремонта днища резервуара вертикального стального объемом 5000 м<sup>3</sup>.

Для реализации необходимо решить следующие задачи:

- выбрать наиболее производительный способ сварки;
- подобрать сварочные материалы;
- произвести расчет режимов сварки;
- выбрать необходимое сварочное оборудование;

## Литературный обзор

Развитие и эксплуатация резервуаров и резервуарных парков являются составной частью системы снабжения сырьем по трубопроводам от скважин до потребителя.

По данным работы [1], в системе трубопроводного транспорта нефти постоянно находится в ремонте около двадцати процентов всех резервуаров, а оставшийся резервуарный парк эксплуатируется с ограничением уровня заполнения в среднем на пятнадцать процентов с целью обеспечения гарантий безаварийной эксплуатации. Таким образом, по причине низкой надежности в системе трубопроводного транспорта нефти не используется около тридцать процентов емкостей резервуарного парка, что при недостаточной резервуарной обеспеченности [2, 3, 4] существенно снижает эффективность системы трубопроводного транспорта в целом.

Некоторыми авторами [4] установлена тенденция увеличения числа внезапных отказов РВС, удорожание ремонтов и увеличение объема ремонтных работ. Исследования, проведенные в [2, 3], показывают, что основной причиной резкого снижения уровня эксплуатационной надежности и эффективности РВС является изношенность основных фондов.

С ростом добычи нефти значительно увеличился объем строительства стальных наземных емкостей для хранения нефти и нефтепродуктов. Добыча нефти увеличивалась главным образом за счет крупных нефтяных месторождений восточных районов страны. Отличительной чертой нефтей этих районов является большое содержание в них сернистых соединений, хлоридов, карбонатов, механических примесей и воды.

Особую тревогу вызывают коррозионные разрушения нижних поясов у резервуаров для хранения нефтепродуктов. Положение осложняется еще и тем, что на нефтяных месторождениях Урала, Поволжья и Западной Сибири большинство РВС изготовлен из стали 09Г2С, которая характеризуется низкой коррозионной стойкостью и, как следствие, приводит к более частым ремонтным работам.

Для замены днища резервуаров на практике пользуются различными подъемными устройствами. Метод подъема крупногабаритного резервуара с приваркой 24 ребер жесткости по периметру оболочки, рекомендуемый [5], не нашел широкого практического применения из-за большой трудоемкости. Методы подъема, с использованием ложных штуцеров [5], оказались пригодными лишь для малогабаритных резервуаров. В работах [4], описаны случаи аварий при выполнении подъемов РВС. Чаще всего разрушение происходит вблизи уторного шва на стенке, окрайке либо в полотнище днища. Нередки случаи местной потери устойчивости стенок и разрушения фундаментного кольца.

В связи этим актуальным становится вопрос о совершенствовании методов ремонта при замене днища резервуаров.

1. В.А. Буренин Прогнозирование индивидуального остаточного ресурса стальных вертикальных резервуаров. издательство: Уфа, 1994 – 304 с.
2. Р.И. Веревкин, Е.Л. Ржавский Повышение надежности резервуаров, газгольдеров и их оборудования. – М.: Недра, 1980 – 240 с.
3. А.М. Зиневич, В.И. Глазков, В.Т. Котик Защита трубопроводов и резервуаров от коррозии издательство – М.: Недра, 1975 – 198 с.
4. Б.И. Беляев, В.С. Корниенко Причины аварий стальных конструкций и способы их устранения. – М.: Стройиздат, 1968 – 206 с.
5. РД–08–95–95 Положение о системе технического диагностирования сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов.

# 1 Технические характеристики резервуара вертикального стального объемом 5000 м<sup>3</sup>

## 1.1 Общая характеристика и назначение, состав и свойства стали

Резервуар вертикальный стальной объемом 5000 м<sup>3</sup> состоит из плоского днища, поясов стенки и стационарной конической крыши.

Плоское днище крупных резервуаров состоит из двух и более монтажных элементов. Допускается монтаж днища из отдельных листов, свариваемых на песчаном основании внахлестку с одной стороны, а в местах опирания встык на подкладки.

Пояса стенки резервуара – это цилиндрический участок стенки, состоящий из листов одной толщины, при этом высота пояса равна ширине одного листа.

Коническое покрытие крыши удерживаются по периметру опиранию на стенку резервуаров, и на центральную опорную стойку. Для обеспечения прочности и устойчивости резервуаров при эксплуатации, а так же получении требуемой геометрической формы в процессе монтажа, на стенках резервуаров устанавливаются кольца жесткости. Кольца жесткости имеют неразмеченное сечение по всему периметру стенки и соединяются встык с полным проплавлением.

Емкость резервуара определяется по внутреннему диаметру нижнего пояса и высоте корпуса от поверхности днища до обуха верхнего обвязочного уголка.

Для сварных конструкций в основном применяют конструкционные низкоуглеродистые, низколегированные, а также легированные стали.

Резервуар выполнен из стали 09Г2С, она относится к кремнемарганцовистым. Наличие марганца в сталях повышает ударную вязкость и хладноломкость, обеспечивая удовлетворительную свариваемость. Позволяет получить сварные соединения более высокой прочности при знакопеременных и ударных нагрузках. Термообработка значительно улучшает механические свойства стали, которые, однако, зависят от толщины проката.

При этом может быть достигнуто значительное снижение порога хладноломкости.

Таблица 1 – Химический состав 09Г2С в процентах по ГОСТ 19282–73 [1]

C	Si	Mn	Cr	S	P	Cu	Ni	As	N
0,08 – 0,12	0,5 – 0,8	1,3 – 1,7	Не более						
			0,30	0,04	0,035	0,30	0,30	0,08	0,008

Таблица 2 – Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282–73 [1]

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\Psi$ , %
350	500	21	55

Стали этой группы для изготовления конструкции обычно применяют в горячекатаном состоянии и меньше – после термообработки.

### 1.2 Условия эксплуатации, габариты, тип соединения

Сталь 09Г2С используется при производстве элементов сварных металлоконструкций и при производстве деталей с ограничением массы, работающих при температуре от минус 70 до плюс 425 °С под давлением.

Для сварки днища резервуара в текущей технологии применяется ручная дуговая сварка, т.к. швы имеют большую протяженность предлагается рассмотреть в качестве альтернативного способа сварки механизированную сварку в среде защитных газов проволокой сплошного сечения. Рассмотрим достоинства и недостатки двух этих способов сварки.

### 1.3 Оценка свариваемости

При сварке химический состав шва получается близким к основному металлу, резко отличается содержание углерода. Содержание углерода в шве снижено, а его отсутствие заменяется марганцем. Марганец повышает в сталях ударную вязкость и хладноломкость, обеспечивает удовлетворительную свариваемость. Содержание в металле серы и фосфора приводят к образованию горячих и холодных трещин.

Таблица 3 – Преимущества и недостатки способов сварки

Название способа	Плюсы	Минусы
Ручная дуговая сварка покрытыми электродами	простота и доступность; возможность сварки в труднодоступных местах и во всех пространственных положениях; возможность сварки в монтажных условиях; большой спектр свариваемых материалов; значительный спектр толщин (от двух мм и выше).	низкая производительность; большой расход материалов на разбрызгивание и огарки; самый тяжелый способ по технике исполнения; многофакторность качества; тяжелые условия труда сварщика; резкая структурная и механическая неоднородность металла шва.
Механизированная сварка в среде защитных газов	высокая производительность; высокая проплавливающая способность; значительный спектр свариваемых материалов; сварка во всех пространственных положениях; отсутствие на поверхности ванны шлака; легкая техника сварки.	более сложное сварочное оборудование; невозможность использование данного метода в условиях монтажа из – за сквозняка, ветра, дождя; при определенных режимах сварки возникают сложности с удалением брызг расплавленного металла.

В процессе сварки происходит деформация, в дальнейшем эти участки становятся зонами старения – самопроизвольное упрочнение с потерей пластических свойств. Отпуск сварных стыков необходимо производить при температуре 550 – 600 °С для снятия старения.

Наибольшее влияние на свариваемость сталей оказывает углерод. С увеличением содержания углерода, а также ряда других легирующих элементов свариваемость сталей ухудшается. Чем выше содержание углерода в стали, тем больше опасность трещинообразования, труднее обеспечить равномерность свойств в сварном соединении. Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали известного состава является эквивалентное содержание углерода, которое определяется по формуле [2]:

$$C_s = \left( C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr+V)}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \right), \quad (1)$$

где  $C$  – углерод в сплаве;

$Mn$  – марганец в сплаве;

$Cr$  – хром в сплаве;

$Mo$  – молибден в сплаве;

$Ni$  – никель в сплаве;

$Cu$  – медь в сплаве;

$P$  – фосфор в сплаве.

В зависимости от эквивалентного содержания углерода и связанной с этим склонности к закалке и образованию трещин стали по свариваемости делят на четыре группы: хорошо, удовлетворительно, ограниченно и плохо сваривающиеся. Стали первой группы хорошо свариваются без образования закалочных структур и трещин в широком диапазоне режимов, толщин и конструктивных форм.

Удовлетворительно сваривающиеся стали мало склонны к образованию холодных трещин при правильном выборе режимов сварки, в ряде случаев требуется подогрев. Ограниченно сваривающиеся стали склонны к трещинообразованию, возможность регулирования сопротивляемости образованию трещин изменением режима ограничена, требуется подогрев. Плохо сваривающиеся стали весьма склонны к закалке и трещинам, требуют при сварке подогрева, специальных технологических приемов сварки и термообработки.

По формуле (1) находим эквивалент углерода:

$$C_s = (0,08 + \frac{1,3}{5} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2}) = 0,43\%$$

Сталь 09Г2С относится к малоуглеродистым сталям и сваривается без ограничений и сопутствующего подогрева.

## 2 Обоснование способа сварки

Ручная дуговая сварка – это сварка покрытым металлическим электродом. Является наиболее старой и универсальной технологией дуговой сварки. Для образования и поддержания электрической дуги к электроду и свариваемому изделию от источника питания подводится сварочный ток (переменный или постоянный). Под действием дуги расплавляются металлический стержень электрода, его покрытие и металл изделия. Электродный металл в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну, где смешивается с основным металлом, а расплавленный шлак всплывает на поверхность. Размеры сварочной ванны зависят от режимов и пространственного положения сварки, скорости перемещения дуги по поверхности изделия, конструкции сварного соединения, формы и размера разделки свариваемых кромок и т.д.

Шлак, покрывая капли расплавленного электродного металла и поверхность сварочной ванны, препятствует их взаимодействию с воздухом, а также способствует очищению расплавленного металла от примесей. По мере удаления дуги металл сварочной ванны кристаллизуется с образованием шва, соединяющего свариваемые детали. На поверхности шва образуется слой затвердевшего шлака. Преимущества ручной дуговой сварки:

- возможность сварки в любых пространственных положениях;
- возможность сварки в местах с ограниченным доступом;
- сравнительно быстрый переход от одного свариваемого материала к другому;
- возможность сварки самых различных сталей благодаря широкому выбору выпускаемых марок электродов;
- простота и транспортабельность сварочного оборудования.

При ручной дуговой сварке также имеются недостатки такие как:

- низкие КПД и производительность по сравнению с другими технологиями сварки;

- качество соединений во многом зависит от квалификации сварщика;
- вредные условия процесса сварки.

При сварке в среде защитных газов в зону горения дуги под небольшим давлением подается газ, который вытесняет воздух из этой зоны и защищает сварочную ванну от кислорода и азота воздуха.

Сварку можно осуществлять как плавящимся, так и неплавящимся электродами. Такой способ является самым дешевым при сварке углеродистых и низколегированных сталей. Поэтому по объему производства он занимает одно из первых мест среди механизированных способов сварки плавлением. При сварке в среде углекислого газа из сопла горелки оттесняет воздух из сварочной ванны (рисунок А.1).

В процессе сварки углекислый газ под действием высоких температур диссоциирует:  $2\text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + \text{O}_2$ . Поэтому сварка идет не в чистом углекислом газе, а в смеси газов  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{O}_2$ . В этом случае обеспечивается практически полная защита расплавленного металла от азота воздуха, но сохраняется почти такой же окислительный характер газовой смеси, каким он был бы при сварке голой проволокой без защиты от атмосферы воздуха. Следовательно, при сварке в среде углекислого газа необходимо предусматривать меры по раскислению наплавляемого металла. Эта задача решается использованием сварочных проволок, в состав которых входят элементы раскислители. Чаще всего это кремний (0,6–1,0%) и марганец (1–2%).

При наличии таких компонентов раскисление окислов железа происходит по реакциям  $2\text{FeO} + \text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2 + 2\text{Fe}$  и  $\text{FeO} + \text{Mn} \rightarrow \text{MnO} + \text{Fe}$ . Образующиеся в процессе раскисления окислы кремния и марганца всплывают на поверхность сварочной ванны и после кристаллизации металла удаляются. Сварка в среде  $\text{CO}_2$  имеет целый ряд преимуществ:

- минимальную зону структурных изменений металла при высокой степени концентрации дуги и плотности тока;
- большую степень защиты сварочной ванны от воздействия внешней среды;

- высокий КПД;
- возможность наблюдения за формированием шва;
- возможность сваривать металл различной толщины;
- производить сварку в различных пространственных положениях;
- незначительную чувствительность к ржавчине и другим загрязнителям основного металла.

Механизированная сварка в среде защитных газов также имеет недостатки такие как:

- сильное разбрызгивание металла при токе больше 500 А, что требует постоянной защиты и очистки сопла горелки.

Исходя из достоинств и недостатков способов сварки, проведенных в таблице 3, в качестве основного способа сварки, была выбрана механизированная сварка в среде защитных газов проволокой сплошного сечения.

### 3 Сварочное оборудование и материалы

При сварке низкоуглеродистых сталей для защиты металла шва широко используется углекислый газ. Аргон и гелий для этих целей применяют ограниченно. Сварка в углекислом газе выполняется плавящимся электродом. Основной особенностью полуавтоматической сварки в углекислом газе является использование электродных проволок с повышенным содержанием элементов раскислителей, компенсирующих их выгорание в зоне сварки (таких как марганец и хром). Для нашей конструкции будем использовать проволоку Св-08Г2С так как в ней оптимальное соотношение кремния и марганца.

Таблица 4 – Химический состав проволоки Св-08Г2С, в процентах по ГОСТ 2246–70 [3]

C	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

Таблица 5 – Механические свойства металла шва, выполненного проволокой Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70 [3]

Марка	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %
Св-08Г2С	300	500	22	50

Углекислый газ поставляется по ГОСТ 8050–85 [4]. Для сварки используют сварочную углекислоту высшего и первого сортов, которые отличаются лишь содержанием паров воды (соответственно 0,037 и 0,184 г/см<sup>3</sup> при 20 °С и давлении 0,1 МПа). Углекислоту транспортируют и хранят в стальных баллонах или цистернах большой ёмкости в жидком состоянии с последующей газификацией на заводе, с централизованным снабжением сварочных постов через рампы. В баллоне вместимостью 40 л содержится 25 кг CO<sub>2</sub>, дающего при испарении 12,5 м<sup>3</sup> газа при давлении 0,1 МПа. Баллон окрашен в черный цвет, надписи жёлтого цвета.

На свойство металла шва значительное влияние оказывает качество углекислого газа. При повышенном содержании в нем азота и водорода могут образовываться поры даже при хорошей защите дуги от воздуха и надлежащем количестве кремния и марганца в сварочной ванне.

Для сварки нашей конструкции назначаем углекислый газ высшего сорта. Это связано с меньшим содержанием водных паров в углекислом газе.

Таблица 6 – Состав высшего сорта углекислого газа, в процентах [4]

Газ	Ar	He	O <sub>3</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	углеводороды	водяных паров,
CO <sub>2</sub>	–	–	–	–	–	99,8	–	0,037

Для сварки в среде защитных газов (углекислый газ), рассмотрим полуавтоматы BlueWeldMEGAMIG 500S и ВДУ–506П с ПДГ–505.

Сварочный полуавтомат BlueWeldMEGAMIG 500S – подходит для применения в промышленности с различными типами материалов: сталь, нержавеющая сталь, высокопрочная сталь, алюминий.

Сварочный полуавтомат для сварки электродной проволокой в среде защитного газа (MIG–MAG) или самозащитной порошковой проволокой (без газа) со съёмным устройством подачи проволоки имеет следующие особенности:

- повышенная прочность;
- большое количество регулировок напряжения дуги;
- регулирование времени точечной сварки;
- две позиции реактивного сопротивления;
- термостатическая защита.

В комплект поставки входят принадлежности для сварки MIG–MAG.

Выпрямитель дуговой универсальный ВДУ–506П, предназначен: для ручной дуговой сварки и резки углеродистых, легированных и коррозионностойких сталей на постоянном токе (MMA–DC) штучными электродами с основным и целлюлозным покрытием диаметром 2–6 мм; для однопостовой сварке в среде защитных газов и их смесях сварочной проволокой диаметром 0,8–1,6 мм (MIG–MAG).

Комплектуется подающим механизмом ПДГ–505 для сварки в среде защитных газов и их смесях.

Выбираем сварочный полуавтомат BlueWeldMEGAMIG 500S, так как это более новая и совершенная модель, к тому же он более компактный и имеет меньшую массу что позволит быть более мобильным в выборе места для установки перед сваркой.

Таблица 7 – Технические характеристики сварочного полуавтомата BlueWeldMEGAMIG 500S

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания, В	380
Мощность при нагрузке 60%, кВт	10
Максимальная мощность, кВт	25
Сварочный ток min, А	50
Сварочный ток max, А	500
Нагрузка в % от максимальной	25
Сварочный ток при нагрузке в % от максимального	500
Максимальный ток при нагрузке 60%	280
Диаметр проволоки, min	0,6
Диаметр проволоки, max	2,0
Длина, мм	945
Ширина, мм	565
Высота, мм	830
Масса, кг	128

Таблица 8 – Технические характеристики выпрямителя ВДУ–506П

Наименование параметра	Значение
Напряжение питающей сети, В	380
Номинальная частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, при ПН=60% и длительности цикла 10 мин., А	500
Регулирование сварочного тока	Плавно – ступенчатое
Пределы регулирования сварочного тока, А	90–500
Напряжение холостого хода, не более, В	60
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	16,3–39
Первичный фазный ток при номинальном сварочном токе, не более, А	46
Габариты, мм, не более	680x500x680
Масса, кг, не более	177

Данные подающего механизма ПДГ–505 рассмотрены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики подающего механизма ПДГ–505

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания подающего механизма, В	27
Номинальная частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, при ПН=20% и длительности цикла 10 мин., А	500
Регулирование сварочного тока плавно – ступенчатое: – 1 <sup>я</sup> ступень, А – 2 <sup>я</sup> ступень, А	35–300 200–500
Скорость подачи проволоки, м/ч	0–900
Применяемая сварочная проволока, Ø, мм – сплошная – порошковая	0,8–1,6 1,2–3,2
Емкость катушки для сварочной проволоки, кг	5,15
Расход защитного газа, л/ч	5–18
Количество подающих роликов, шт	4
Габариты подающего механизма, мм, не более	215x485x600
Масса подающего механизма, кг, не более	22

#### 4 Расчет параметров режима сварки

Режимом сварки называют совокупность основных и дополнительных характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварных швов заданных размеров, формы и качества.

Основные параметры режима механизированной сварки в защитных газах, оказывающие существенное влияние на размеры и форму швов, сила сварочного тока, плотность тока, напряжение дуги, скорость сварки, химический состав (марка) сварочной проволоки, род тока и его полярность.

При расчёте режима сварки технолог должен обеспечить получение катета шва, назначенного конструктором при расчёте прочности или по конструктивным соображениям. По заданному катету шва определяют площадь поперечного сечения наплавленного металла при получении плоского шва (рисунок А.2.) [2]:

$$F_H = \frac{k^2}{2} = \frac{8^2}{2} = 32 \text{ см}^2 \quad (2)$$

где  $k^2$  – катет шва;

$F_H$  – площадь наплавки,  $\text{см}^2$ .

Согласно [2] для толщины металла 8 мм воспользуемся проволокой диаметром 1,2 мм.

Тогда по рекомендации литературы [2], плотность тока  $j = 170 \text{ А/мм}^2$ .  
Определяем силу сварочного тока по формуле [2]:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_{э}^2}{4} \cdot j \quad (3)$$

где  $I_{св}$  – сила сварочного тока;

$d_{э}$  – диаметр электрода;

$j$  – плотность тока.

Подставляем значения в формулу (3) и получаем:

$$I_{св} = \frac{3.14 \cdot 1.2^2}{4} \cdot 170 = 192 \text{ А}$$

принимаем  $I_{св}=200$  А.

Для данного диаметра электрода и силы сварочного тока определяем оптимальное напряжение дуги [2]:

$$U_{д} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{э}}} \cdot I_{св} \pm 1. \quad (4)$$

где  $d_{э}$  – диаметр электрода;

$I_{св}$  – сила сварочного тока.

Подставляем значения в формулу (4) и получаем:

$$U_{д} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1.2^{0.5}} \cdot 200 \pm 1 = 29.1 \pm 1.,$$

принимаем  $U_{д} = 30$  В.

Найдём скорость сварки [2]:

$$V_{св} = \frac{\alpha_{н} \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{н}}, \quad (5)$$

где  $V_{св}$  – скорость сварки;

$\alpha_{н}$  – коэффициент наплавки, г/А·ч;

$I_{св}$  – сварочный ток, А;

$\gamma$  – плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup>;

$F_{н}$  – площадь наплавки, мм<sup>2</sup>.

Чтобы найти  $\alpha_{н}$  воспользуемся формулой [2]:

$$\alpha_{н} = \alpha_{р}(1 - \psi), \quad (6)$$

где  $\alpha_{р}$  – коэффициент расплавления;

$\psi$  – коэффициент потерь, под которым понимают отношение количества металла, потерянного в виде разбрызгивания, к полному количеству расплавленного электродного металла.

Расчитаем величину коэффициента потерь, при сварке в среде углекислого газа электродной проволокой марки Св–08Г2С, величина коэффициента потерь для сварки при оптимальных напряжениях дуги зависит от плотности тока в электроде [2].

$$\psi = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (7)$$

Подставляем значения в формулу (7) и получаем:

$$\psi = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 170 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot 170^2 = 12,25 \% .$$

Коэффициент расплавления [2]:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{I_{CB}} \cdot \frac{l}{d_3^2}, \quad (8)$$

где  $I_{CB}$  – сварочный ток, равный 200 А;

$l$  – вылет электрода,  $l=10-20$  мм, принимаем  $l=20$  мм;

$d_3$  – диаметр электрода, равный 1,2 мм.

Подставляем значения в формулу (8) и получаем:

$$\alpha_p = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{200} \cdot \frac{20}{1,2^2} = 9,66 \text{ г/А} \cdot \text{ч.}$$

Найдём коэффициент наплавки по формуле (6):

$$\alpha_H = 9,66 \cdot (1 - 0,1225) = 8,5 \text{ г/А} \cdot \text{ч.}$$

Вычислим скорость сварки по формуле (5):

$$V_{CB} = \frac{8,477 \cdot 200}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,125} = 0,483 \text{ см/с} = 17,4 \text{ м/ч}$$

Определим погонную энергию [2]:

$$q_{II} = \frac{I_{CB} \cdot U_D \cdot \eta_U}{V_{CB}} \quad (9)$$

где  $I_{CB}$  – сварочный ток, равный 200 А;

$U_D$  – напряжение дуги;

$\eta_U$  – эффективный КПД нагрева изделия дугой в пределах от 0,75 до 0,85;

$\eta_U = 0,75 - 0,85$ , принимаем  $\eta_U = 0,84$ ;

$V_{CB}$  – скорость сварки.

Подставляем значения в формулу (9) и получаем:

$$q_{II} = \frac{200 \cdot 30 \cdot 0,84}{0,483} = 10434 \text{ Дж/см}$$

Коэффициент формы провара [2]:

$$\psi_{PP} = k' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{CB}) \cdot \frac{d_3 \cdot U_D}{I_{CB}}, \quad (10)$$

где  $k'$  – коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности, для сварки постоянным током обратной полярности, для  $j > 170$  А/мм<sup>2</sup> равен  $k' = 0,92$ ;

$I_{CB}$  – сварочный ток, равный 200 А.

Подставляем значения в формулу (10) и получаем:

$$\psi_{PP} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 200) \cdot \frac{1,2 \cdot 30}{200} = 2,82.$$

При сварке в углекислом газе  $A=0,0081$ . Тогда глубина провара  $H$  для этих условий [2]:

$$H = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{q_{II}}{\psi_{PP}}} = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{10434}{2,82}} = 0,49 \text{ см}$$

Определим площадь проплавления по формуле [6]:

$$F_{PP} = \frac{\pi \cdot \psi_{PP} \cdot H^2}{4}, \quad (11)$$

где  $\psi_{PP}$  – коэффициент формы провара, равный 2,82;

$H$  – глубина проплавления.

Подставляем значения в формулу (11) и получаем:

$$F_{PP} = \frac{3,14 \cdot 2,82 \cdot 4,9^2}{4} = 53,15 \text{ мм}^2$$

Площадь наплавки равна 53,15 мм<sup>2</sup>.

Рассчитаем долю участия основного металла в металле шва по формуле [2]:

$$\gamma_0 = \frac{F_{PP}}{F_H + F_{PP}}, \quad (12)$$

где  $F_{PP}$  – площадь проплавления;

$F_H$  – площадь наплавки.

Подставляем значения в формулу (12) и получаем:

$$\gamma_0 = \frac{53,15}{32 + 53,15} = 0,62.$$

Таблица 10 – Режимы сварки для используемых типов соединений

Тип соединения	$F_n$ , мм <sup>2</sup>	Катет, мм	Режимы сварки			
			$I_{св}$ , А	$U_d$ , В	$V_{св}$ , м/ч	$\alpha_n$ , г/А·ч
Н1 – ∠ 8–ГОСТ 14771 – 76	32	8	200	30	17,4	8,5
Т3 – ∠ 6–ГОСТ 14771 – 76	18	6	200	30	22	8,5

#### 4.1 Определение расхода сварочных материалов

Расход сварочной проволоки можно определить по формуле [7]:

$$G_p = \frac{G_n}{(1 - \psi)}, \quad (13)$$

где  $G_n$  – масса наплавленного металла, которая определяется по формуле [2]:

$$G_n = F_n \cdot I_{ш} \cdot \gamma, \quad (14)$$

где  $F_n$  – площадь наплавленного металла,  $F_n = 32$  см<sup>2</sup>;

$I_{ш}$  – длина шва,  $I_{ш} = 37600$  см;

$\gamma$  – плотность металла;  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>.

Подставляем значения в формулу (14) и получаем:

$$G_n = 0,32 \cdot 37600 \cdot 7,8 = 93850 \text{ г.}$$

Подставляем значения в формулу (13) и получаем:

$$G_p = \frac{93850}{(1 - 0,1225)} = 121190 \text{ г.}$$

Определим расход газа, требуемого на выполнение швов, по формуле [7]:

$$G_r = t_{очн} \cdot g_n, \quad (15)$$

где  $t_{очн}$  – основное время сварки;

$g_n$  – норма расхода газа ( $g_n = 10$  л/мин).

Определим выполнения работ, по формуле [7]:

$$t_{очн} = \frac{3600 \cdot G_n}{\alpha_n \cdot I_{св}}, \quad (16)$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки, который принимаем  $\alpha_n = 8,5$  г / А·ч;

$G_n$  – масса наплавленного металла;

$I_{св}$  – сварочный ток, равный 200 А.

Подставляем значения в формулу (16) и получаем:

$$t_{очн} = \frac{3600 \cdot 93850}{8,5 \cdot 200} = 198740 \text{ с} = 3312 \text{ мин}$$

Таким образом, расход газа, при сварке листов толщиной 8 мм, на шов длиной 376 метров по формуле (15) равен:

$$G_r = 3312 \cdot 10 = 33120 \text{ л.}$$

Рассчитали расход углекислого газа для выполнения сварочных работ механизированной сваркой в среде защитного газа, который составил 33120 литров на сварку всех швов.

## 5 Технология ремонта резервуара вертикального стального 5000 м<sup>3</sup>

### 5.1 Предлагаемая технология ремонта

Для ремонта дна резервуара предлагается улучшить технологию для сокращения времени и экономических ресурсов. Работы по ремонту следует начинать с приварки опор вокруг резервуара в количестве 24 штуки, затем необходимо отрезать нижнюю часть резервуара от окрайки (рисунок Б.5.) используя газовый резак или угловую шлифовальную машинку. Затем врезать старое днище резервуара (рисунок Б.5.).

Выполнить демонтаж нижней части половины резервуара (рисунок Б.6.). Следующим выполнить вырез оставшейся части резервуара по всему кругу РВС (рисунок В.7.). Срезать окрайку по всему кругу резервуара (рисунок В.8.). Раскроить новый лист на четыре части для установки на место окрайки (рисунок В.9.). После установки новой окрайки, необходимо прихватить механизированной сваркой в среде защитного газа листы новой окрайки по всему периметру резервуара (рисунок Г.10.).

Выполнить сварку окрайки и первого листа стенки резервуара половины периметра резервуара механизированной сваркой в среде защитного газа (СО<sub>2</sub>) предварительно зачистив кромки сварных соединений до металлического блеска, удаляя грязь, ржавчину (рисунок Г.11.). Установить новые листы половины днища резервуара нахлесточным соединением (рисунок Д.12.). После установки новых листов на днище резервуара необходимо выполнить прихватки нахлесточных соединений днища (рисунок Д.13.). После установки днища резервуара выполнить прихватки листов дна к окрайке по контуру на половину резервуара (рисунок Е.14.). После выполнения прихваток необходимо произвести сварку листов днища по меньшей стороне листа механизированной сваркой в среде защитных газов (рисунок Е.15.). После сварки стыковых соединений по малой стороне листа, необходимо выполнить сварку по большей стороне листов нахлесточных швов (рисунок Е.16.).

Выполнить сварку листов днища с окрайкой половины контура резервуара механизированной сваркой в среде защитного газа (рисунок Ж.17.). Обеспечить

перекрытие нахлесточных соединений на расстоянии 20–50 мм при монтаже как показано на рисунке А.2. Во время проведения сварки необходимо соблюдать проплавление кромок стыкуемых элементов и обеспечивать полное перекрытие кромок соединений как показано на рисунок А.2,3, рисунок Б.4. После выполнения сварки необходимо зачистить сварные швы угловой шлифовальной машинкой от брызг металла, до металлического блеска, для проведения неразрушающего контроля. Процесс замены днища производится на половину резервуара, вторая половина днища резервуара меняется аналогичным способом.

## 5.2 Проведение неразрушающего контроля сварных швов.

Нормы дефектности устанавливаются СНиП 3.03.01–87 и Правилами технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту.

При полном обследовании РВС, при контроле сварных соединений днища, окраек и уторного шва, для обнаружения сквозных дефектов применяют вакуумный метод. Для проведения обследования днища резервуара необходимо следующее оборудование и материалы:

- вакуумный насос;
- вакуумная камера плоская (рисунок 3.20.) для обследования монтажного, заводского шва и листов основного полотнища днища;
- вакуумная камера угловая (рисунок 3.20.) для обследования уторного шва резервуара.

Вакуумная камера плоская состоит из прямоугольного листа прозрачного оргстекла толщиной 10–20 мм, имеющего по периметру стенку высотой 15–40 мм и шириной 30–50 мм, на нижнюю плоскость которой приклеен слой специальной вакуумной резины толщиной 20–40 мм.

Перед началом обследования сварные швы и днище резервуара тщательно зачищаются. Обследуемый участок обильно смачивается мыльным раствором. В зимнее время в раствор вводятся специальные добавки.

Уторный шов проверяется угловой вакуумной камерой или керосиновой пробой. Вакуумная камера плотно прижимается к стенке и днищу резервуара в

обследуемом месте так, чтобы исключить доступ воздуха внутрь камеры. Через кислородный шланг вакуумным насосом внутри камеры создается вакуум, и по состоянию мыльного раствора на обследуемом участке определяется наличие дефектов (рисунок Ж.18, 19.).

В местах где имеются трещины, сквозные нарушения сплошности сварного шва мыльный раствор обильно пузырится. Обследование монтажного и заводских швов днища производится плоской вакуум – камерой аналогично проверке уторного шва.

Для проведения магнитного контроля рекомендуется использовать вихретоковый индикатор типа ВИТ – 3, который предназначен для обнаружения поверхностных трещин на изделиях из электропроводящих ферромагнитных и неферромагнитных материалов.

Имеется ручная отстройка от колебаний зазора, реализуемая при переходе с одного материала на другой. Возможен контроль по грубой поверхности, а также под слоем диэлектрического покрытия со снижением чувствительности в зависимости от его толщины. На данном приборе имеется индикация двух типов:

- световая, совмещенная с датчиком, работает в динамическом режиме при пересечении трещины;
- стрелочная, работающая в статическом режиме, позволяет оценивать глубину трещины при наличии специально подготовленных образцов.

Таблица 11 – Технические характеристики ВИТ – 3

Наименование параметра	Значение
Минимальные размеры обнаруживаемой трещины (при Rz 40 и лучше), мм	0,2
глубина	3,0
длина	
Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	140х90х35
Масса, кг	0,3

### 5.3 Возможные дефекты при ремонте резервуара и методы их устранения

При ремонте днища резервуара, наиболее часто встречающиеся дефекты в виде трещины сварных швов в основном металле и сегментов окراек днища, вызванные концентрацией напряжений в нижнем узле резервуара. Для устранения таких трещин срезают уторный уголок (если он есть) длиной 250 мм в каждую сторону от трещины и выявляют границу трещины путем травления дефектного шва десяти процентным раствором азотной кислоты. Концы трещины засверливают сверлом диаметром 6–8 мм, после чего разделяют трещину под сварку (рисунок 3.20.).

Трещины в швах и основном металле полотнища днища наблюдаются редко. Они появляются в местах пересечения швов. Причина образования таких трещин возникает при отклонении от разработанной технологии сварки.

Дефекты, по размерам превышающие допустимые, удалить и заварить вновь. Допускается исправление одного и того же дефектного участка не более двух раз.

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

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
3 – 1В41		Осипенко Дмитрий Александрович	
<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Электронной инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01.«Машиностроение»

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

1. <i>Стоимость ресурсов: материально – технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.</i>	<i>Стоимость ресурсов научно-технической работы (НТР); Система оплаты труда ТПУ.</i>
2. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов.</i>	<i>–отчисления во внебюджетные фонды (30%); –ставка дополнительной заработной платы(12%).</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения ТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>–потенциальные потребители результатов исследования; –анализ конкурентных технических решений.</i>
2. <i>Формирование и расчет себестоимости технического проекта.</i>	<i>Формирование плана и графика разработки: –определение структуры работ; –определение трудоемкости работ; –Разработка проведения технического проектирования. –Формирование затрат на техническое проектирование: –Нормирование времени на сварку –материальные затраты НТР –заработная плата (основная и дополнительная); –Затраты на отчисления на социальные цели –накладные расходы.</i>
3. <i>Определение ресурсосберегающей эффективности технического проекта.</i>	<i>Определение эффективности технического проектирования.</i>

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений.</i></li> <li>2. <i>График проведения ТП.</i></li> <li>3. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности ТП.</i></li> </ol>
--

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 – 1В41	Осипенко Дмитрий Александрович		

## 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность разработки технологического процесса ремонта днища резервуара вертикального стального 5000 м<sup>3</sup>, а также оценку ресурсоэффективности и конкурентоспособности технического проекта. Для поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Оценить потенциальных потребителей результатов технического проектирования;
- Определение структуры работ;
- Планирование технического проектирования работ;
- Определить трудоемкость выполненной работы и составить диаграмму Ганта для проекта;
- Расчет себестоимости технического проекта.

### 6.1 Потенциальные потребители технического проектирования

Для того чтобы определить потенциальных потребителей данной разработки, необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Резервуары используются во многих отраслях промышленности. Сегментируем рынок потребления продукции резервуаров в зависимости от отрасли, размера компании и уровня потребления продукции. Карта представлена в таблице 12.

ПАО РЖД и ПАО Газпром являются крупными предприятиями железнодорожной и нефтегазовой отрасли, этим компаниям присуща высокая потребность в большом количестве резервуарных парков для хранения и переработки темных и светлых нефтепродуктов. Строительная и машиностроительная отрасли имеют меньшую потребность в резервуарных парках, т.к. они являются только потребителями светлых нефтепродуктов для нужд техники.

Таблица 12 – Карта сегментирования по отраслям промышленности

Параметр		Отрасль					
		Строительная		Машиностроение		Нефтегазовая	Железная дорога
Размер компании	Крупные						
	Средние						
	Мелкие						
Уровень потребности в резервуарах	Высокий						
	Средний						
	Низкий						
ПАО РЖД			ПАО Газпром		АО Юрмаш		ОАО ТДСК

Из карты сегментирования, можно сделать вывод, что основными сегментами являются крупные промышленные компании и компании нефтегазовой и железнодорожной отраслей. Они обеспечивают высокий уровень потребности в резервуарах, следовательно, разработка и совершенствование технологии сборки и сварки для этих компаний является наиболее интересной [10].

## 6.2 Планирование технического проектирования работ

### 6.2.1 Определение структуры работ

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

В рамках проведения разбора выпускной квалификационной работы, в данном разделе был составлен перечень этапов:

1. Составление и утверждение темы ВКР задачи и цели дипломной 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 решения 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 параметров сварки на качество шва, анализ влияния правильного выбора параметров режима сварки на качество сварного шва, определение дефектов сварных соединений, вызванных неправильным подбором параметров режима сварки;

9. Анализ результатов – подведение итогов и обобщение результатов технической работы, сопоставление результатов анализа информационных источников, выпуска обобщенной отчетной технической документации по ВКР, оценки эффективности полученных результатов;

10. Оформление отчета ВКР результатов проектной деятельности, окончательная проверка работы преподавателем, подготовка к защите;

11. Защита ВКР.

Произведено распределение исполнителей по видам работ, полученные данные приведены в таблице 13.

Таблица 13–Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	Составление и утверждение темы ВКР; – Составление и утверждение технического задания; – Составление календарного плана – графика выполнения ВКР.	Научный руководитель, студент
	2	Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Студент
Основной этап	3	Выполнение технологической части работы: – выбор марки стали; – оценка свариваемости стали; – обоснование способа сварки; – подбор сварочного оборудования и материалов; – расчет параметров и режима сварки; – разработка технологии ремонта РВС 5000 м <sup>3</sup> .	Студент
Заключительный этап	4	Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель, Студент
	5	Разработка технологии сборки и сварки.	Студент
	6	Проверка выполненной технологии сборки и сварки с научным руководителем.	Научный руководитель, Студент
	7	Выполнение других разделов: – Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; – Социальная ответственность.	Студент
	8	Подведение итогов, оформление отчетов пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Студент
	9	Подготовка к защите ВКР.	Студент

### 6.2.2 Определение трудоемкости работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников технического проектирования.

Трудоемкость выполнения технического проектирования оценивается экспертным путем в человека – днях и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения

ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула [9]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (17)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы человека–дней;

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее стечения обстоятельств), человека–дней;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человека–дней.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

### 6.2.3 Разработка проведения технического проектирования

Диаграмма Ганта–горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

На основе таблицы 14, 15. строится календарный план–график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках ВКР с разбивкой по месяцам и декадам (десять дней) за период времени ВКР.

Таблица 14–Временные показатели проведения технического проектирования

Название работы	Исполнители	Трудоемкость работ			Длительность работы в рабочих днях, $T_{pi}$
		$t_{min}$ , чел – дни	$t_{max}$ , чел – дни	$t_{ож}$ , чел – дни	
–Составление и утверждение темы ВКР; –Составление и утверждение технического задания; –Составление календарного плана – графика выполнения ВКР.	Научный руководитель	1	1	1	1
	Студент	1	1	1	1
Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Студент	10	15	12	12
Выполнение технологической части работы разработки технологии ремонта РВС 5000 м <sup>3</sup> .	Студент	25	30	27	27
Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель	2	3	2,4	3
	Студент	2	3	2,4	2
Проектирование приспособлений для сварки.	Студент	20	23	21,2	21
Проверка выполненного приспособления с научным руководителем.	Научный руководитель	2	3	2,4	3
	Студент	2	3	2,4	2
Выполнение других разделов: –Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; –Социальная ответственность.	Студент	12	15	13,2	13
Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Студент	10	15	12	12
Подготовка к защите ВКР.	Студент	2	3	2,4	3
	Научный руководитель	2	3	2,4	3

Таблица 15 – Календарный план – график проведения ВКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	Кол – во дней, <i>Т<sub>рi</sub></i>	Продолжительность выполнения работы, календарные дни														
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение темы ВКР; Составление и утверждение технического задания; Составление календарного плана – графика выполнения ВКР	Научный руководитель	1	■														
		Студент	1	◦														
2	Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Студент	12	▬														
3	Выполнение технологической части работы.	Студент	27		▬													
4	Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель	3							■								
		Студент	2							▬								
5	Проектирование приспособлений для сварки.	Студент	21							▬								
6	Проверка выполненного приспособления с научным руководителем.	Научный руководитель	3															
		Студент	2															
7	Выполнение других разделов.	Студент	13										▬					
8	Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Студент	12												▬			
9	Подготовка к защите ВКР.	Студент	3														◦	
		Научный руководитель	3														■	

Студент –  Научный руководитель – 

По календарному плану–графику проведения ВКР видно, коэффициент что начало скорость работы было обладающая в первой половине предварительно феврале. Общая продолжительность выполнения работ для преподавателя составила 10 рабочих дней, для студента составил 93 рабочих дня. Такую глубину работы как, составление замыкающим и утверждение темы средний ВКР, согласование выполнения выполненной технологической значения части с научным звание руководителем, согласование живой выполненной конструкторской выполнения части с научным максимальная руководителем, выполнялись значения двумя исполнителями. Защита результата работы в середине точность окружная июня.

### 6.3 Формирование затрат на техническое проектирование

#### 6.3.1 Определение норм времени на сварку

Техническое нормирование производится в целях установления необходимых затрат времени на выполнение заданной работы в определенных организационно-технических условиях при полном и эффективном использовании средств в производстве и с учетом опыта передовых рабочих.

Нормирование механизированной и ручной дуговой сварки проводим по методике, изложенной в [9]. Рассчитаем основное время для каждого типа соединения:

Таблица 16 – Основное время для сварки в среде защитных газах и ручной дуговой сварки (на один стык) [10]

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
Скорость сварки $V_{св}$ , м/ч		
С10	6,2	–
Т3	7,4	18
Н1	7,4	18
С10	–	19
С7	–	9,44

Определение основного времени на сварку производится по формуле [9]:

$$t_0 = \sum \frac{60}{V_{св}} \quad (18)$$

где  $V_{св}$  – скорость сварки шва для данного типоразмера, м/ч.

Подставляем значения в формулу (18) и получаем для РДС:

$$t_0 = \frac{60}{6,2} + \frac{60}{7,4} + \frac{60}{7,4} = 25,9 \text{ мин}$$

Подставляем значения в формулу (18) и получаем для механизированной сварки:

$$t_0 = \frac{60}{18} + \frac{60}{18} + \frac{60}{19} + \frac{60}{9,44} = 16,2 \text{ мин}$$

Разница во времени основной сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 9,7 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 37%.

Необходимые данные для расчета значений времени  $t_{вш}$ ,  $t_{виз}$ , а также коэффициента  $k_{об}$ .

Таблица 17 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва [10]

Элементы работы	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
Очистка перед сваркой, свариваемых кромок от налета ржавчины и осмотр	0,4	0,5
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла	0,4	0,2
Откусывание огарков проволоки	–	0,1
Установка и смена электродов, мин	0,39	
Осмотр и промер шва	0,3	0,3
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассеты. Подача проволоки в головку.	–	0,25
Всего	1,49	1,35

Разница во вспомогательном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 0,14 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 9%.

Таблица 18 – Вспомогательное время, между работой изделием и оборудования [10]

Элементы работы	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
Время на установку, мин	7,4	3,7
Снятие и транспортировка, мин	6,4	3,2
Перемещение сварщика, мин	0,2	0,2
Клеймение шва, мин	0,21	0,21
Всего	14,21	7,31

Разница во вспомогательном времени, связанном с изделием и работой оборудования между РДС и механизированной сваркой, составляет 6,9 мин, что в процентном соотношении дает увеличение времени на 48%.

Таблица 19 – Подготовительно – заключительное время для ручной дуговой сварки покрытыми электродами и механизированной сваркой [10]

№ п/п	Содержание работы	Вид сварки	Сложность работы	
			простая	сложн.
Время на партию, мин				
1	$t_{n.3}$ – Получение производственного задания, документации, инструктажа мастера, получение инструмента	механизированная	4,0	6,0
2	$t_{n.3}$ – Ознакомление с работой	механизированная	3,0	5,0
		ручная	2,0	4,0
3	$t_{n.3}$ – Подготовка к работе баллона с газом, подключение и продувка шлангов	механизированная	4,0	4,0
4	$t_{n.3}$ – Установка, настройка и проверка режимов сварки	механизированная	3,0	3,0
		ручная	1,0	1,0
5	$t_{n.3}$ – Подготовка рабочего места и приспособление к работе	механизированная	4,0	7,0
		ручная	2,0	4,0
6	$t_{n.3}$ – Сдача работы	механизированная	2,0	3,0
		ручная	2,0	3,0

Определение штучного времени сварки производится по формуле [9]:

$$t_{n.3} = t_{n3.1} + t_{n3.2} + t_{n3.3} + t_{n3.4} + t_{n3.5} + t_{n3.6} \quad (19)$$

где  $t_{n.3}$  – подготовительно-заключительное время на подготовку работ перед сваркой.

Для механизированной сварки (19)  $t_{н.з} = 4 + 3 + 4 + 3 + 4 + 2 = 20$  мин;

Для ручной дуговой сварки (19)  $t_{н.з} = 4 + 2 + 0 + 1 + 2 + 2 = 11$  мин.

Разница в подготовительно – заключительном времени между РДС и механизированной сваркой, составляет 9 мин, что в процентном соотношении дает увеличение времени на 45%.

Определение штучного времени сварки производится по формуле [9]:

$$T_{шт} = [(t_o + t_{виз}) \cdot l + t_{виз}] \cdot K_{об} \quad (20)$$

где  $t_o$  – основное время на сварку одного погонного метра шва, мин/м;

$t_{виз}$  – вспомогательное время, зависящее от длины шва, в расчете на погонный метр, мин/м;

$l$  – протяженность сварочного шва данного типоразмера, м;

$t_{виз}$  – вспомогательное время, зависящее от свариваемого изделия и типа сварочного оборудования, мин/изделие;

$K_{об}$  – коэффициент, учитывающий время обслуживания рабочего места и время на отдых и личные надобности (на механизированную – 1,12; на ручную – 1,10).

Таблица 20 – Штучное время [10]

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$t_o$ – основное время на сварку, мин/м	25,9	16,2
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог. м шва, мин	1,49	1,35
$l$ – длина шва		
С10	134,442	–
Т3	66	66
Н1	6	12
С10	–	68,442
С7	–	66
$t_{виз}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым изделием, мин	14,21	7,31
$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности	1,10	1,15

Подставляем значения в формулу (20) и получаем для РДС:

$$C10 - T_{шт1} = [(25,9+1,49) \times 134,442 + 14,21] \times 1,1 = 4066 \text{ мин}$$

$$T3 - T_{шт2} = [(25,9+1,49) \times 66 + 14,21] \times 1,1 = 2004 \text{ мин}$$

$$H1 - T_{шт3} = [(25,9+1,49) \times 6 + 14,21] \times 1,1 = 196 \text{ мин}$$

Общее штучное время:

$$T_{шт1} = T_{шт1} + T_{шт2} + T_{шт3} = 44066 + 2004 + 196 = 6266 \text{ мин}$$

Подставляем значения в формулу (20) и получаем для механизированной сварки:

$$C5 - T_{шт1} = [(16,2+1,35) \times 68,442 + 7,31] \times 1,15 = 1390 \text{ мин}$$

$$C10 - T_{шт2} = [(16,2+1,35) \times 66 + 7,31] \times 1,15 = 1341 \text{ мин}$$

$$T3 - T_{шт3} = [(16,2+1,35) \times 66 + 7,31] \times 1,15 = 1341 \text{ мин}$$

$$H1 - T_{шт4} = [(16,2+1,35) \times 12 + 7,31] \times 1,15 = 251 \text{ мин}$$

Общее штучное время:

$$T_{шт} = T_{шт1} + T_{шт2} + T_{шт3} + T_{шт4} = 1390 + 1341 + 1341 + 251 = 4323 \text{ мин}$$

Разница в штучном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 1943 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 31%.

Таблица 21 – Количество рабочих смен на сварку резервуара

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены, час	8	8
$T_{шт}$ – штучное время, мин	6266	4323

Определение размера партии производится по формуле [9]:

$$n = \frac{T_{шт}}{T_{см} \cdot 60} \quad (21)$$

где  $T_{см}$  – продолжительность одной рабочей смены, ч

$T_{шт}$  – штучное время, мин

Подставляем значения в формулу (21) и получаем для РДС:

$$n = \frac{6266}{8 \cdot 60} \approx 13 \text{ смен}$$

Подставляем значения в формулу (21) и получаем для механизированной сварки:

$$n = \frac{4323}{8 \cdot 60} \approx 9 \text{ смен}$$

Разница в размере партии между РДС и механизированной сваркой, составляет 4 смены, что в процентном соотношении дает увеличение количества на 31%.

Таблица 22 – Штучно – калькуляционное время

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$T_{шт}$ –штучное время	6266	4323
$t_{нз}$ – подготовительно – заключительное время	11	20
$n$ – количество смен	13	9

Для дуговой сварки в условиях серийного производства норма времени рассчитывается по формуле [9]:

$$T_{шк} = T_{шт} + t_{н.з.} \cdot n \quad (22)$$

где  $T_{шт}$  – штучное время, мин;

$t_{н.з.}$  – подготовительно заключительное время

$n$  – количество смен

Подставляем значения в формулу (22) и получаем для РДС:

$$T_{шк} = 6266 + 11 \cdot 13 = 6409$$

Подставляем значения в формулу (22) и получаем для механизированной сварки:

$$T_{шк} = 4323 + 20 \cdot 9 = 4503$$

Разница в штучно – калькуляционном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 1906 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 30%.

Определение массы наплавленного металла шва производится по формуле:

$$G_H = F_H \cdot l_{ш} \cdot \gamma_n \quad (23)$$

где  $F_H$  – площадь наплавленного металла, мм<sup>2</sup>;

$l_{ш}$  – длина шва, м;

$\gamma_n$  – плотность наплавляемого металла.

Подставляем значения в формулу (23) и получаем для РДС:

$$G_1 = 0,196 \cdot 13444,2 \cdot 7,8 = 20,6 \text{ кг}$$

$$G_2 = 0,16 \cdot 6600 \cdot 7,8 = 8,2 \text{ кг}$$

$$G_3 = 0,16 \cdot 600 \cdot 7,8 = 0,75 \text{ кг}$$

$$G_{\text{общ}} = 29,55 \text{ кг}$$

Таблица 23 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизованная сварка
$F_H$ – площадь наплавленного металла, см <sup>2</sup>		
С10	0,196	–
ТЗ	0,16	0,15
Н1	0,16	0,15
С10	–	0,355
С7	–	0,185
$l$ – длина шва, см		
С10	13444,2	–
ТЗ	6600	6600
Н1	600	1200
С10	–	6844,2
С7	–	6600
$\gamma$ – плотность наплавляемого металла, г/см <sup>3</sup>	7,8	7,8

Подставляем значения в формулу (23) и получаем для механизированной сварки:

$$G_1 = 0,15 \cdot 6600 \cdot 7,8 = 7,72 \text{ кг}$$

$$G_2 = 0,15 \cdot 1200 \cdot 7,8 = 1,4 \text{ кг}$$

$$G_3 = 0,355 \cdot 6844,2 \cdot 7,8 = 18,95 \text{ кг}$$

$$G_3 = 0,185 \cdot 6600 \cdot 7,8 = 9,52 \text{ кг}$$

$$G_{общ}=37,59 \text{ кг}$$

Разница массе наплавленного металла между РДС и механизированной сваркой, составляет 8 кг, что в процентном соотношении дает увеличение массы на 29%.

### 6.3.2 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

Рассматривается возможность изготовления сварного изделия с использованием альтернативных способов и средств сварки, которыми располагает предприятие и когда необходимо выбрать лучший процесс. В подобной ситуации выбор лучшего решения должен осуществляться на основе текущих затрат.

Очевидно при сравнении РДС и механизированной сварки нет необходимости учитывать затраты на основной материал, из которого изготавливается сварная конструкция, поскольку анализируемые процессы практически не оказывают заметного влияния на расход основного материала.

Текущие затраты на сварочные работы состоят из следующих пунктов:

- Сварочные материалы;
- Основная зарплата;
- Социальные отчисления;
- Электроэнергия;
- Ремонт оборудования.

### 6.3.3 Материальные затраты

Таблица 24 – Затраты на сварочные материалы [11]

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$g_{nm}$ – масса наплавленного металла, кг/изд	29,55	18,64/18,95
$k_n$ – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,60	1,08
$C_{cm}$ – цена электродов / электродной проволоки, за кг	96	
УОНИ 13/55	–	–
Св – 08Г2С	–	58,4
		186

Определение затрат на сварочные материалы производится по формуле [9]:

$$C_{cm} = g_{nm} \cdot k_n \cdot C_{cm} \quad (24)$$

где  $g_{nm}$  – масса наплавленного металла, кг/изд;

$k_n$  – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла;

$C_{cm}$  – цена электродов/ электродной проволоки, руб/кг.

Подставляем значения в формулу (24) и получаем для РДС:

$$C_{cm} = 29,55 \cdot 1,6 \cdot 96 = 4539 \text{ руб}$$

Подставляем значения в формулу (23) и получаем для механизированной сварки:

$$C_{cm} = 18,64 \cdot 1,08 \cdot 58,4 + 18,95 \cdot 1,08 \cdot 186 = 4982 \text{ руб}$$

Разница в затратах на сварочные материалы между РДС и механизированной сваркой, составляет 443 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 9%.

### 6.3.4 Затраты на заработанную плату рабочих

Таблица 25 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий	40000	40000
$F_{мп}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц $F_{мп} \approx 172$ часов/месяц	172	172
$t_{шк}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	6409	4503

Определение затрат на заработанную плату рабочих производится по формуле [9]:

$$C_з = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мп} \cdot 60} \quad (25)$$

где  $C_{мз}$  – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий;

$F_{мп}$  – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц;

$t_{шк}$  – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд.

Подставляем значения в формулу (25) и получаем для РДС:

$$C_з = \frac{40000 \cdot 6409}{172 \cdot 60} = 24841 \text{руб}$$

Подставляем значения в формулу (24) и получаем для механизированной сварки:

$$C_з = \frac{40000 \cdot 4503}{172 \cdot 60} = 17453 \text{руб}$$

Разница в затратах на заработанную плату рабочих между РДС и механизированной сваркой, составляет 7388 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 30%.

### 6.3.5 Затраты на отчисления на социальные цели

Таблица 26 – Отчисления на социальные цели

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$k_{отч}$ – процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы	30%	30%
$C_3$ – Затраты на заработанную плату рабочих	24841	17453

Определение затрат на отчисления на социальные цели производится по формуле [9]:

$$C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100} \quad (26)$$

где  $k_{отч}$  – процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы;

$C_3$  – Затраты на заработанную плату рабочих

Подставляем значения в формулу (26) и получаем для РДС:

$$C_{отч} = \frac{30 \cdot 24841}{100} = 7452 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (26) и получаем для механизированной сварки:

$$C_{отч} = \frac{30 \cdot 17453}{100} = 5236 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на отчисления на социальные цели между РДС и механизированной сваркой, составляет 2216 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 30%.

### 6.3.6 Затраты на электроэнергию

Таблица 27 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$U$ – напряжение, В	24	26
$I$ – сила тока, А	100	211
$t_o$ – основное время сварки, мин/м	25,9	16,2
$l$ – длина сварного шва, м/изд	206,4	212,4
$\eta$ – коэффициент полезного действия источника питания	0,80	0,85
$C_{эл}$ – стоимость 1 кВт в час электроэнергии, руб	5,4	5,4

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле [9]:

$$C_{эм} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot C_{эл} \quad (27)$$

где  $U$  – напряжение, В;

$I$  – сила тока, А;

$t_o$  – основное время сварки, мин/м;

$l$  – длина сварного шва, м/изд;

$\eta$  – коэффициент полезного действия источника питания;

$C_{эл}$  – стоимость 1 кВт в час электроэнергии, руб.

Подставляем значения в формулу (27) и получаем для РДС:

$$C_{эм} = \frac{24 \cdot 100 \cdot 25,9 \cdot 206,4}{60 \cdot 0,8 \cdot 1000} \cdot 5,4 = 989 \text{ руб./изд.}$$

Подставляем значения в формулу (27) и получаем для механизированной сварки:

$$C_{эм} = \frac{26 \cdot 211 \cdot 16,2 \cdot 212,4}{60 \cdot 0,85 \cdot 1000} \cdot 5,4 = 1370 \text{ руб./изд.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между РДС и механизированной сваркой, составляет 381 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 28%.

### 6.3.7 Затраты на оборудование

Таблица 28 – Затраты на оборудование и ремонт

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$C_j$ – цена оборудования соответствующего вида	77075	2097568
$k_{рем}$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25
$t_{шк}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	6409	4503
$F_{ГО}$ – годовой фонд времени работы оборудования, ч (в 2015 при 8 часовом р. д.)	1971	1971
$k_3$ – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле [9]:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \cdot k_{рем} \cdot t_{шк}}{F_{ГО} \cdot k_3 \cdot 60} \quad (28)$$

где  $C_j$  – цена оборудования соответствующего вида;

$k_{рем}$  – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт;

$t_{шк}$  – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд;

$F_{ГО}$  – годовой фонд времени работы оборудования, ч;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования.

Подставляем значения в формулу (28) и получаем для РДС:

$$C_p = \frac{77075 \cdot 0,25 \cdot 6409}{1971 \cdot 0,8 \cdot 60} = 1305 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (28) и получаем для механизированной сварки:

$$C_p = \frac{2097568 \cdot 0,25 \cdot 4503}{1971 \cdot 0,8 \cdot 60} = 2496 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между РДС и механизированной сваркой, составляет 1191 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 48%.

### 6.3.8 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва

Таблица 29 – Результаты разницы между двумя видами сварки

Наименование	РДС	Механизированная сварка	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы			
Сварочная проволока	–	5786	– 5786
Электроды	4539		+4539
2. Основная зарплата	24841	17453	+7388
3. Социальные цели	7452	5236	+2216
4. Электроэнергия	989	1370	– 381
5. Ремонт	1305	2496	– 1191
Итого	39126	32341	+6785

По результатам расчетов разница в общих затратах на изготовление одно изделие между РДС и механизированной сваркой, составляет 6785 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 17%.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
3-1В41		Осипенко Дмитрий Александрович	
<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Электронной инженерии</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление</b>	15.01.03 Машиностроение

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

<p>1. Характеристика объекта исследования.</p>	<p><i>Рабочее место расположено на открытом воздухе. Резервуар располагается на ЦППН на территории города Мегион. В районе водосбора реки Обь. Местность заболоченная, равнинная. Климат умеренный. При ремонте резервуара могут иметь место вредные и опасные проявления факторов производственной среды для человека. Оказывается негативное воздействие на природу (атмосферу, гидросферу, литосферу) Возможно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного, стихийного, экологического и социального характера</i></p>
--	--

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

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</p>	<p>Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>
<p>2. Производственная безопасность</p>	<p>Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы при разработке технологии сварки и эксплуатации оборудования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>– недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– неудовлетворительный микроклимат</li> <li>– Статическое электричество</li> <li>– Электроопасность</li> </ul>
<p>2. Экологическая безопасность</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, газовые аэрозоли);</li> <li>– решение по обеспечению экологической безопасности.</li> </ul>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <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:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев М.В.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В41	Осипенко Д.А.		

## 7 Социальная ответственность

### 7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В этом разделе приводится разработка технологического процесса ремонта РВС – 5000 м<sup>3</sup> с точки зрения наличия или возможного появления опасных и вредных факторов, а также воздействия их на работников. Объект исследования расположен на открытом воздухе. Местность заболоченная, равнинная, климат умеренный. При ремонте осуществляются следующие операции: сборка, автоматическая сварка, слесарные операции.

Требования по охране труда при эксплуатации резервуаров и резервуарных парков определяются законом Об основах охраны труда в РФ, Законом о промышленной безопасности опасных производственных объектов, другими действующими законодательными актами РФ и субъектов РФ, правилами, решениями и указаниями органов государственного надзора, Министерства и ведомства (компании).

Ответственность за соблюдение требований промышленной безопасности, а также за организацию и осуществление производственного контроля несут руководитель эксплуатирующей организации и лица, на которых возложены такие обязанности в соответствии с должностными инструкциями.

Согласно Федеральному закону О промышленной безопасности опасных производственных объектов резервуары и резервуарные парки, входящие в состав НПС, относятся к опасным производственным объектам.

Декларация промышленной безопасности опасных производственных объектов должна содержать требования к промышленной безопасности резервуаров и резервуарных парков.

К работам по эксплуатации резервуаров допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие в установленном порядке инструктаж, подготовку, не имеющие медицинских противопоказаний при работе на опасных производственных объектах.

Обслуживание и ремонт технических средств резервуаров и резервуарных парков должны осуществляться на основании соответствующей лицензии, выданной федеральным органом исполнительной власти, специально уполномоченным в области промышленной безопасности, при наличии договора страхования риска ответственности за причинение вреда при их эксплуатации.

Инструкции по охране труда разрабатываются руководителями цехов, участков, лабораторий и т.д. в соответствии с перечнем по профессиям и видам работ, утвержденным руководителем предприятия.

#### 7.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

На сварочном участке расположенном на территории резервуара, производится ремонт днища резервуара вертикального стального – 5000 м<sup>3</sup>. При изготовлении осуществляются следующие операции: сборка и механизированная сварка в среде защитных газов, слесарные операции.

При изготовлении нижней части днища резервуара на участке используется следующее оборудование:

Сварочный полуавтомат BlueWeld MEGAMIG 500S 1 шт.

Углошлифовальная машина Makita 1 шт.

В качестве основного материала используют сталь марки: 09Г2С. Сварка производится в углекислом газесварочной проволокой Св–08Г2С диаметром 1,2 мм.

Рабочее место сварщика соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032–78 [12].

### 7.2 Производственная безопасность

7.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте

Разрабатываемая технология сварки предполагает использование механизированной сварки в среде углекислого газа и сварочного аппарата BlueWeldMEGAMIG 500S, с точки зрения социальной ответственности

целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке технологии или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003–2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [13]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы:

Таблица 30 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке программного модуля

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003–2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Механизированная сварка плавящимся электродом в среде защитных газов	1. Статическое электричество [2,3]; 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; [2,3,17];	1. Поражение электрическим током	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03  СанПиН 2.2.4.1191–03
2) Работа со сварочным оборудованием	3. Повышенный уровень шума на рабочем месте; [2, 17]; 4. Неудовлетворительный микроклимат [2,17];	2. Пожаровзрывоопасность	СНиП 23 – 05–2010  СанПиН 2.2.4.548–96  СН 2.2.4/2.1.8.562–96  ГОСТ 30494–2011

### 7.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

Электробезопасность согласно ПУЭ все электроустановки по условиям принято разделять на 2 группы:

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

В нашем случае применяемое сварочное оборудование (полуавтомат BlueWeld MEGAMIG 500S) работает от напряжения 380 В, следовательно, относиться к 1 категории опасности [19].

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 1000 В, 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 резервуаров наиболее актуальны:

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

Защита от статического электричества это комплекс мероприятий по молниезащите резервуаров с нефтепродуктами и конструкции молниеотводов должны соответствовать требованиям Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122–87 [20].

На каждое находящееся в эксплуатации заземляющее устройство должен быть паспорт, содержащий схему устройства, основные технические данные, результаты проверки его состояния, сведения о характере ремонтов и изменениях, внесенных в конструкцию заземлителя.

Для защиты резервуаров от вторичных проявлений молний корпус (стенка) должен быть присоединен к заземлению защиты от прямых ударов

молний. Защита от заноса высокого потенциала по трубопроводам выполняется путем присоединения их на вводе в резервуар к ближайшему заземлителю защиты от прямых ударов молнии. При устройстве в процессе эксплуатации нового молниеотвода необходимо сначала сделать заземлитель и токоотводы, затем установить молниеприемник и немедленно присоединить его к токоотводу.

Во время грозы приближаться к молниеотводам ближе, чем на 4 м запрещается, о чем должны быть вывешены предупредительные надписи около резервуара или отдельно стоящего молниеотвода. При эксплуатации устройств молниезащиты должно осуществляться систематическое наблюдение за их состоянием, в график планово – предупредительных работ должны входить техническое обслуживание (ревизии), текущий и капитальный ремонт этих устройств.

Ежегодно перед наступлением грозового сезона необходимо осмотреть состояние наземных элементов молниезащиты (молниеприемников, токоотводов), обращая особое внимание на места соединения токоведущих элементов. Недопустимо в грозовой сезон оставлять молниеприемники без надежного соединения с токоотводами и заземлителем. После каждой грозы или сильного ветра все устройства молниезащиты должны быть осмотрены, а повреждения устранены.

Заземляющие устройства должны соответствовать СП 31–110–2003 [21] Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий и сооружений. Для защиты от статического электричества все металлические и электропроводные неметаллические части оборудования резервуаров должны быть заземлены независимо от того, применяются ли другие меры защиты от статического электричества. Сопротивление заземляющего устройства, предназначенного исключительно для защиты от статического электричества, должно быть не выше 100 Ом.

Максимальные скорости движения электризующихся нефтепродуктов в трубопроводах и резервуарах в зависимости от их электрических свойств

ограничивают в соответствии с РД 153–39.4–041–99 и Рекомендациями по предотвращению опасной электризации нефтепродуктов при наливе в вертикальные и горизонтальные резервуары [22].

Для защиты от статического электричества необходимо заземлять металлическое оборудование, резервуары, нефтепродуктопроводы, сливноналивные устройства, предназначенные для транспортирования, хранения и отпуска легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

Металлическое и электропроводное неметаллическое оборудование, трубопроводы, сливноналивные устройства должны представлять собой на всем протяжении непрерывную электрическую цепь, которая должна быть присоединена к контуру заземления не менее чем в двух точках.

На резервуарах с неподвижными крышами необходимо устанавливать не менее двух гибких стальных перемычек сечением не менее 6 мм<sup>2</sup> между плавающей крышей или понтоном и корпусом резервуара или токоотводами, установленных на резервуаре молниеотводов. Во избежание опасности искровых разрядов наличие на поверхности нефтепродуктов незаземленных электропроводных плавающих предметов не допускается.

При эксплуатации резервуаров с металлическими или изготовленными из неметаллических материалов понтонами электропроводящие элементы понтонов должны быть надежно заземлены. Осмотр и текущий ремонт защитных устройств необходимо проводить одновременно с осмотром и текущим ремонтом технологического оборудования, электрооборудования и электропроводки.

Ответственность за периодическую проверку заземляющих устройств, ведение паспортов на заземляющие устройства, проверку переходных сопротивлений контактных соединений, заземление плавающих крыш и понтонов, за техническое состояние молниеотводов, устройств защиты от статического электричества несет служба Главного энергетика на всех уровнях управления. Ответственные лица обязаны обеспечить эксплуатацию

и ремонт устройства защиты в соответствии с действующими нормативными документами.

Проверку электрической связи понтона с землей проводят не реже одного раза в год, одновременно с проверкой заземления резервуара путем измерения омического сопротивления заземляющего устройства, предназначенного для защиты понтона исключительно от статического электричества. Сопротивление не должно превышать 100 Ом. Для электрической связи понтона с корпусом резервуара применяют гибкий медный провод типа МГ сечением не менее 6 мм<sup>2</sup>.

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

Территория резервуара в темное время суток должна иметь освещение в соответствии с требованиями СНиП 23–05–2010 Естественное и искусственное освещение и СНиП 2.11.03–93. Устройство электроосвещения должно соответствовать требованиям Правил устройства электроустановок.

Для освещения резервуарных парков следует применять прожекторы на мачтах, расположенных за обвалованием.

Осветительные устройства, установленные в пределах обвалования резервуаров, должны быть во взрывозащищенном исполнении в соответствии с установленными требованиями.

При необходимости отбора проб или измерения уровня нефтепродукта в резервуаре в ночное время для освещения следует применять только взрывозащищенные аккумуляторные фонари, включать и выключать которые необходимо за пределами обвалования. Применение карманных фонарей запрещается. Запрещается ремонтировать фонарь и заменять лампу непосредственно в резервуарном парке.

Освещение на рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

Шум стал фактором социального значения. Слабые шумы до 30 дБ (шелест листвы, тихая музыка, шум прибоя) действуют на человека успокаивающе. Шум в 90–120 дБ (от автотранспорта, метро, реактивных самолетов, строительных механизмов и даже музыки на дискотеках) воспринимается как грохот. Такие шумы раздражают, разрушают нервные клетки, приводят к возникновению опасных психических заболеваний. От длительного воздействия шума возникают нарушение и потеря слуха, патологические изменения в вегетативной нервной системе, расстройство периферического кровообращения, гипертония. Шум в 80 дБ снижает работоспособность, увеличивает колебания артериального давления, резко ухудшает ориентацию в пространстве и восприятие происходящего [17]

Уровень шума на рабочем месте сварщика не более 80 дБА и соответствует нормам.

К микроклимату относится эксплуатация стальных вертикальных и горизонтальных резервуаров не должна приводить к загрязнению окружающей среды (воздуха, поверхностных вод, почвы) загрязняющими веществами выше допустимых норм.

К числу основных загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу из резервуаров относятся пары нефтепродуктов, образующиеся вследствие испарения во время приема, хранения и отпуска нефтепродуктов.

При расчетах выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров следует руководствоваться; законом РФ Об охране окружающей природной среды; ГОСТ 17.2.3.02–2014; Методическими указаниями по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров» и Дополнением к Методическим указаниям по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров.

Методические указания с Дополнением являются основным методическим документом, который устанавливает порядок определения выбросов загрязняющих веществ из резервуаров для нефтепродуктов расчетным методом, в том числе на основе удельных показателей выделения.

Предельно допустимым выбросом считается суммарный выброс загрязняющего вещества в атмосферу от всех источников данного предприятия, определенный с учетом перспектив развития предприятия и характера рассеивания выбросов в атмосфере. Выбросы загрязняющего вещества из всех источников (с учетом фоновых концентраций того же вещества) не должны создавать приземную концентрацию, превышающую предельно допустимую концентрацию в воздухе ближайших населенных пунктов (или ПДК для растительного и животного мира, установленную в данном районе, если ее значение меньше ПДК в воздухе).

После установления норм ПДВ загрязняющих веществ в атмосферу на предприятии должен быть организован контроль за их соблюдением, который должен проводиться в соответствии с требованиями ОНД – 90 Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы.

К числу основных веществ, загрязняющих производственные сточные воды, относятся нефтепродукты, тетраэтилсвинец и взвешенные вещества.

Нормы ПДС этих веществ со сточными водами должны устанавливаться в разрешениях на специальное водопользование на основании лицензии и договора пользования водным объектом в соответствии с Водным кодексом РФ.

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения. В таблице 31 представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей [25].

Таблица 31 – Классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Агрегатное состояние
Марганец	0,05	1	аэрозоли
Хром	0,1	1	аэрозоли
Фтор. соед.	0,5	2	Аэрозоли
Окись углерода	20	4	пары или газы

Микроклимата рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

### 7.3 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.

#### 7.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

В целях обеспечения готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии необходимо планировать и осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий в резервуарном парке.

На каждом производственном участке должна находиться аптечка с необходимым запасом медикаментов и перевязочных материалов по установленному перечню, согласованному с медицинскими службами.

Весь производственный персонал должен быть обучен способам оказания первой помощи пострадавшим при несчастных случаях.

Для борьбы с паводковыми водами необходимо заготовить запас инструмента и инвентаря (лопаты, мешки с песком, лодки и т.п.). Период прохождения весеннего паводка уточняется в местных отделениях гидрометеорологической службы.

#### 7.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Для снижения загрязнения атмосферы выбросами углеводородов необходимо осуществлять мероприятия по сокращению потерь нефтепродуктов, указанные в таблице 32.

Таблица 32 – Мероприятия по сокращению потерь нефтепродуктов

Наименование мероприятия	Сокращение потерь, процентов
Оснащение резервуаров с бензинами, имеющих большую оборачиваемость, понтонами	80–90
Оборудование резервуаров со светлыми нефтепродуктами, имеющих большую оборачиваемость, дисками – отражателями	20–30
Герметизация резервуаров и дыхательной арматуры, своевременный профилактический ремонт трубопроводов и запорной арматуры	30–50
Окраска наружной поверхности резервуаров покрытиями с низким коэффициентом излучения	27–45
Одновременная окраска внутренней и внешней поверхностей резервуара	30–65
Герметизация налива в транспортные средства с использованием установки улавливания и рекуперации паров нефтепродуктов из резервуаров	80–90

Для достижения норм ПДС загрязняющих веществ со сточными водами необходимо осуществлять мероприятия по уменьшению количества сбрасываемых сточных вод и повышению глубины их очистки.

Уменьшение количества сбрасываемых сточных вод может быть обеспечено за счет повторного использования очищенных сточных вод на производственные нужды и сокращения общего потребления воды для этих целей, предотвращения утечек нефтепродуктов из–за неплотностей запорной арматуры, фланцевых, муфтовых соединений, сварных стыков, коррозионных повреждений резервуаров и трубопроводов; вследствие переливов, что приведет к уменьшению количества загрязненных нефтепродуктами производственно-ливневых стоков, сбрасываемых в канализационную сеть.

Для сокращения потерь нефтепродуктов и предотвращения загрязнения почвы при разливах, отборе проб и ремонтах необходимо устраивать закрытые дренажи в заглубленные резервуары с автоматической откачкой нефтепродукта.

Должен осуществляться постоянный надзор за герметичностью технологического оборудования, фланцевых соединений, съемных деталей, люков и т.п.

Во избежание потерь нефтепродуктов от переливов следует применять предохранительные устройства, автоматически прекращающие подачу нефтепродукта по достижении заданного уровня в резервуарах или при разгерметизации коммуникаций.

Нефтешламы, образующиеся при зачистке резервуаров, трубопроводов и при ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов, должны перерабатываться на специальных установках по переработке шлама. Установки должны обеспечивать переработку нефтешламов на нефтепродукт и шлам, позволяющий использовать его в качестве добавки к строительным или дорожным материалам. При отсутствии установок по переработке нефтешламов они должны вывозиться в места складирования (захоронения) в соответствии с договорами с владельцами объектов размещения этих шламов.

Для предупреждения загрязнения окружающей среды при эксплуатации резервуаров необходимо вести систематический контроль за выполнением природоохранных мероприятий.

#### 7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

7.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Главная задача при чрезвычайных ситуациях – защита населения от возможных средств поражения. Выполнение этой задачи достигается укрытием населения в защитных сооружениях, эвакуацией из городов и обеспечением индивидуальными средствами защиты от оружия массового поражения.

В современных условиях защита осуществляется путем проведения комплекса мероприятий включающих в себя три способа защиты:

- укрытие людей в защитных сооружениях;
- рассредоточения и эвакуация;
- обеспечение индивидуальными средствами защиты;

Радиоактивное заражение местности, воды и воздушного пространство возникает в результате выпадения радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва. Местность считается зараженной при уровне радиации от 0,5 р/час и выше. Заражение предметов, техники и кожных покровов человека измеряется в миллирентгенах в час. Характерной особенностью радиоактивного взрыва является то, что постоянно происходит спад радиации во времени вследствие распада радиоактивных веществ выпавших при ядерном взрыве. Заражения человека радиоактивными веществами ведет к облучению, которое может вызвать лучевую болезнь.

На промышленных объектах здания могут обеспечивать частичную защиту от радиации в случае заражения местности и воздуха.

Предельно допустимая величина зараженности оборудования составляет – 200 мкр./час. При таком заражении можно пользоваться оборудованием, не подвергаясь опасности поражения.

Дезактивация проводится в тех случаях, когда степень заражения превышает допустимые пределы. Дезактивацию территории проводят следующими способами:

- сметанием радиоактивных веществ подметально – уборочными машинами с участков, имеющих стальное или бетонное покрытие;
- смыванием пыли;
- срезанием зараженного слоя грунта толщиной 5–10 см;
- засыпкой зараженных участков территории незараженным грунтом слоем 8–10 см;
- в зимнее время дезактивацию проводят, убирая снег и лед.

При проектировании объекта строительства резервуарного парка необходимо предусмотреть строительства убежища для защиты работающей смены. Убежища должны обеспечивать защиту от проникающей радиации и радиоактивного заражения, оборудоваться вентиляционными установками, санитарно-техническими приборами, а так же средствами очистки воздуха

от отравляющих веществ и биологических аэрозолей. В убежище необходимо предусмотреть отсеки для укрытия людей, фильтровентиляционную камеру, медицинскую камеру, санитарные узлы, кладовую для хранения продуктов питания, вход и аварийный выход. В убежищах должно предусматриваться отопление.

#### 7.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара.

Источники зажигания, приводящие к пожарам на взрывопожароопасных объектах, весьма разнообразны:

- разряды атмосферного электричества;
- фрикционные искры;
- самовозгорание пирофорных отложений;
- открытое пламя и искры;
- короткое замыкание кабеля или воздушных линий электропередач, проходящих в непосредственной близости от резервуарных парков;
- преступные действия людей.

Ремонт днища РВС осуществляется с применением следующего ряда оборудования полуавтомат BlueWeld MEGAMIG 500S, углошлифовальная машина Makita, газовый резак.

При эксплуатации резервуаров должны соблюдаться требования пожарной безопасности, установленные Правилами пожарной безопасности в Российской Федерации, ВППБ 01–03–96, СНиП 2.11.03–93, Правилами пожарной безопасности при эксплуатации предприятий нефтепродуктообеспечения ВППБ 01–01–94.

Меры пожарной безопасности и безопасных условий труда определяются исходя из конкретных условий проведения ремонтных работ,

при условии строго исполнения действующих норм и правил по пожарной безопасности и охране труда.

К огневым работам относятся производственные операции, связанные с применением открытого огня, новообразованием и нагреванием до температуры, способной вызвать воспламенение материалов и конструкций (электрическая и газовая сварка, бензиновая, керосиновая или кислородная резка, кузнечные и котельные работы с применением паяльных ламп и разведением открытого огня).

Огневые работы можно производить только после выполнения всех подготовительных мероприятий, обеспечивающих полную безопасность работ.

При проведении огневых работ рабочие должны быть обеспечены спецодеждой не имеющей следов нефтепродуктов, защитными масками (очками) и другими специальными средствами защиты. При проведении огневых работ на рабочем месте должны быть размещены первичные средства пожаротушения. При проведении огневых работ в резервуаре все люки (лазы) должны быть открыты.

Все работы в резервуаре должны контролироваться снаружи работниками (не менее двух), прошедшими инструктаж и имеющими шланговый противогаз. При проведении огневых работ баллоны со сжатым, сжиженным и растворенными газами не должны иметь контактов с электропроводящими кабелями.

Огневые работы должны проводиться исправным инструментом и заземленным сварочным оборудованием. Запрещено использовать приставные лестницы. Во время проведения огневых работ в резервуаре любые другие работы запрещены.

Огневые работы должны быть немедленно прекращены при обнаружении несоблюдения мер безопасности, предусмотренных в наряде – допуске на огневые работы, появления в воздухе рабочей зоны паров нефтепродукта или горючих газов, а также возникновении опасной ситуации.

По окончании огневых работ место их должно быть тщательно проверено и очищено от раскаленных огарков, окалины или тлеющих предметов, а при необходимости залито водой.

По периметру и внутри резервуарных парков должны быть вывешены знаки безопасности, выполненные в соответствии с ГОСТ 12.4.026–2015 и определяющие противопожарный режим на их территории (запрещение разведения открытого огня, ограничение проезда автотранспорта и др.)

Проведение огневых работ на территории резервуарного парка допускается только в строгом соответствии с требованиями ВППБ 01–03–96. Противопожарное оборудование подразделяется на устройства пенного тушения и устройства охлаждения резервуаров.

Оборудование пенного тушения должно быть установлено на резервуарах в соответствии с требованиями СНиП 2.11.03–93 в составе стационарных автоматических или передвижных установок пожаротушения.

Оборудование пенного тушения состоит из генераторов пены, трубопроводов для подачи раствора пенообразователя, выведенных за обвалование, площадок обслуживания генераторов пены. Генераторы пены должны устанавливаться в верхнем поясе стенки резервуаров со стационарной крышей или на кронштейнах выше стенки для резервуаров с плавающей крышей.

При реконструкции резервуарного парка противопожарное оборудование необходимо привести в соответствие с требованиями СНиП 2.11.03–93.

Стационарные установки охлаждения должны быть установлены на резервуарах в соответствии с требованиями СНиП 2.11.03–93 при выводе резервуара на капитальный ремонт. Устройства охлаждения состоят из верхнего горизонтального кольца орошения-оросительного трубопровода с устройствами распыления воды (перфорация, спринклерные или дренчерные головки), сухих стояков и нижнего кольцевого трубопровода, соединяющих кольцо орошения с сетью противопожарного водопровода.

По пожарной и взрывопожарной опасности резервуарный парк относится к категории повышенная взрывопожароопасность.

В качестве средств пожаротушения на территории резервуара:

- баки – дозаторы Гобсек;
- генератор пены ГПС – 2000;
- пожарная вышка ПВ – 10 Феникс;
- огнетушители пенные ОП – 5.

## Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была проведена сравнительная работа двух способов сварки с целью определить и применить более продуктивный и экономичный способ сварки. В работе была проведена сравнительные расчеты ручной дуговой сварки покрытыми электродами и механизированная в среде защитных газов. Также в данной работе была усовершенствована технология ремонта днища резервуара вертикального стального объемом 5000 м<sup>3</sup>.

Разработана последовательность операций демонтажа и монтажа днища таким образом, что для проведения работ не требуется дополнительных сооружений и приспособлений для проведения ремонта. Были выполнены следующие задачи работы:

- рассчитали наиболее производительный способ сварки;
- подобрали сварочные материалы;
- произвели расчет режимов двух видов сварки;
- выбрали наиболее новую модель сварочного оборудования;
- подобрали способы неразрушающего контроля для обнаружения дефектов сварных швов.

Проведен технико-экономический сравнительный расчет двух способов сварки. По результатам расчетов экономической части можно сделать вывод, что внедрение механизированной сварки в среде защитных газов выгодно. Механизированная сварка имеет преимущество с экономической точки зрения перед ручной дуговой сваркой в 6785 рублей за один метр шва, что на 17% снижает затраты на выполнение ремонта дна резервуара. В данной работе также была достигнута цель усовершенствования технологии ремонта днища резервуара вертикального стального объемом 5000 м<sup>3</sup>.

## Список использованных источников

1. ГОСТ 19282–73 Сталь низколегированная толстолистовая и широкополосная универсальная. Технические условия. – М.: Издательство стандартов 1987 – 30 с.
2. Е.А. Трущенко Технические основы сварки давлением и плавлением, издательство ТПУ 2010 – 79 с.
3. ГОСТ 2246–70 Проволока стальная сварочная. Технические условия. – М.: Стандартиформ 2008 – 21 с.
4. ГОСТ 8050–85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия. – М.: Стандартиформ 2006 – 25 с.
5. А.И. Акулова, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцев Технология и оборудование сварки плавлением. – М.: Машиностроение 1977 – 432с.
6. СНиП 3.03.01–87 Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту. – М.: Стандартиформ 2013 – 112 с.
7. И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Учебно–методическое пособие: – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2014. – 36 с.
8. А.Д. Гитлевич, Л.А. Животинский, Д.Ф. Жмакин Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах. – М.: МАШГИЗ 1962г. – 172 с.
9. Западно-Сибирский Центр ценообразования в строительстве. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zscs.ru/mon/101-3996>, свободный. – Загл. с экрана.
10. ГОСТ 12.0.003–2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартиформ 2015 – 24 с.
11. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и

общественных зданий. – М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России 2003 г. – 28 с.

12. СанПиН 2.2.4.1191–03 Электромагнитные поля в производственных условиях. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России 2003 г. – 41 с.

13. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России 2003 г. – 12 с.

14. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России 1997 г. – 18 с.

15. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: Стандартинформ 2013 – 16 с.

16. ГОСТ Р 12.1.019–2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Стандартинформ 2010 – 32 с.

17. РД 34.21.122–87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. – М.: ЗАО НТЦ ПБ 2017 – 36 с.

18. СП 31–110–2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. – М.: ГУП «ЦПП», 2016. – 125 с.

19. СНиП 2.11.03–93 Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы. – М.: ГУП «ЦПП», 2007. – 20 с.

20. ГОСТ 17.2.3.02–2014 Правила установления допустимых выбросов промышленными предприятиями загрязняющих веществ. – М.: Стандартинформ 2014 – 26 с.

21. ГОСТ 12.1.005–88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: ИПК Издательство стандартов 2002 – 95 с.

22. 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. – М.: Стандартинформ 2017 – 81 с.

23. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4 – х т./Ред. С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 – Т.2/ Под ред. А.И. Акулова. 1978.\Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки: Учеб. для проф. учеб. заведений. – М.: Высш. шк.; Изд. центр «Академия», 1997. – 319 с.

24. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4 – х т./ Ред.С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978 – Т.4/ Под ред. А.И.Акулова. 1978. – 462 с.

25. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4 – х т./ Ред. кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1979 – Т.3/ Под ред. В.А. Винокурова. 1979. – 567 с.

26. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Информационно-издательский центр Минздрава России 1997 г. – 21 с.

27. СНиП 23–05–2010 Естественное и искусственное освещение. – М.: ГУП «ЦПП», 2010. – 104 с.

Приложение А (СПРАВОЧНОЕ) Вид сварочной горелки и разделка кромок

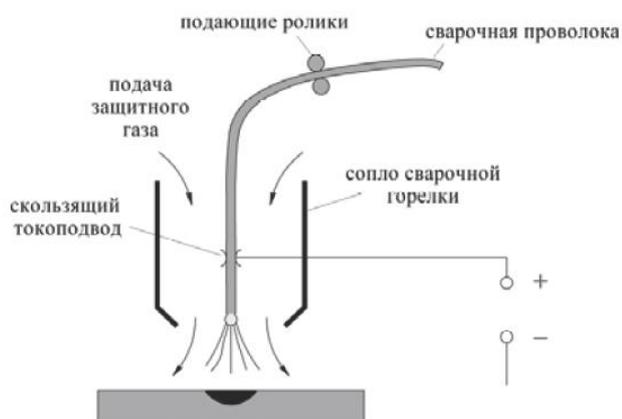


Рисунок 1 – Механизированная сварка в защитном газе

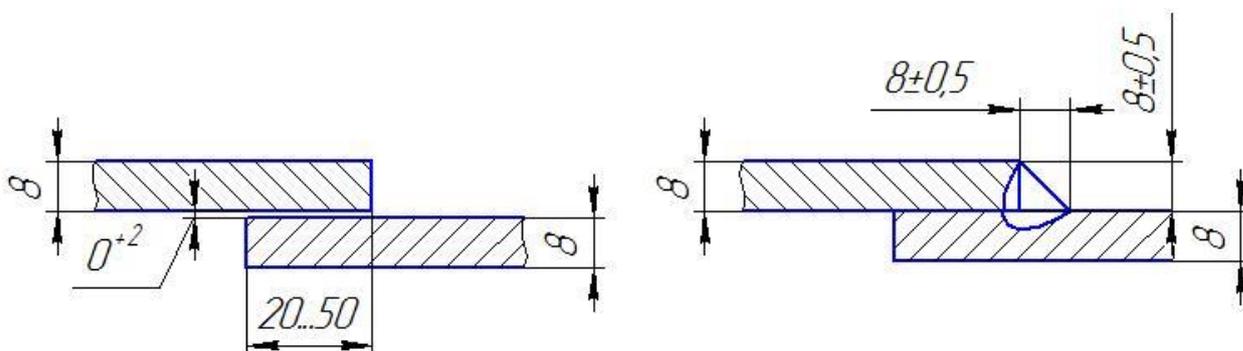


Рисунок 2 – Разделка кромок и параметры шва (условное обозначение – Н1)

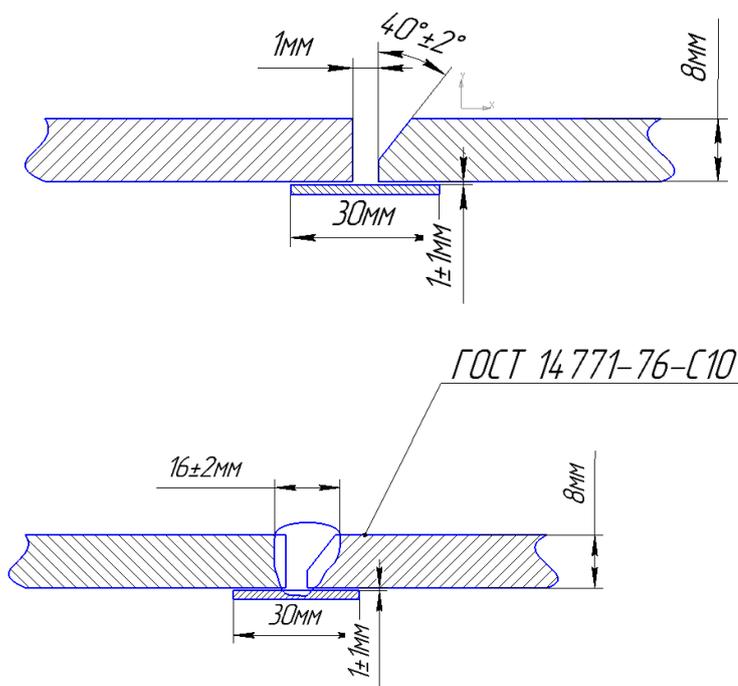


Рисунок 3 – Разделка кромок и параметры шва (условное обозначение – С10)

Приложение Б (СПРАВОЧНОЕ) Разделка кромок и вид дна резервуара

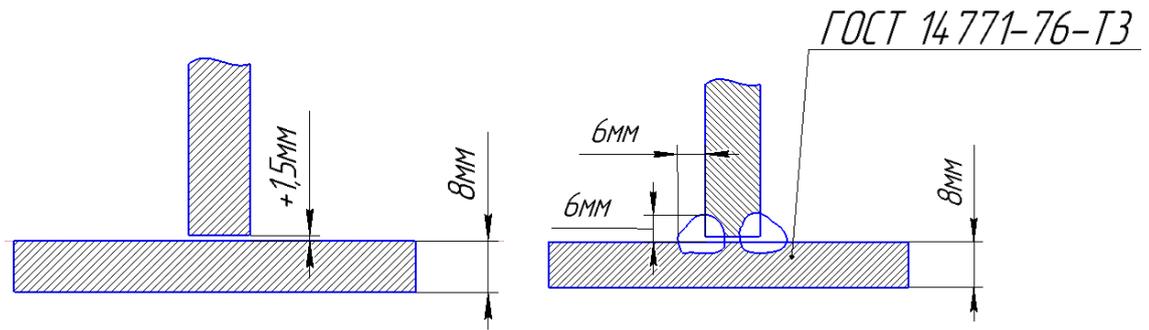


Рисунок 4 – Разделка кромок и параметры шва (условное обозначение – Т3)

Рисунок 3 – Резервуар с опорами

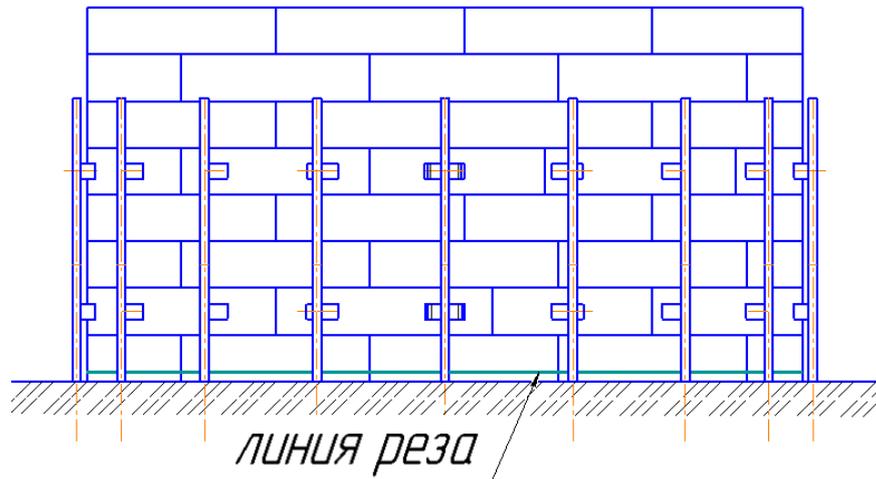


Рисунок 5 – Демонтаж нижней части резервуара

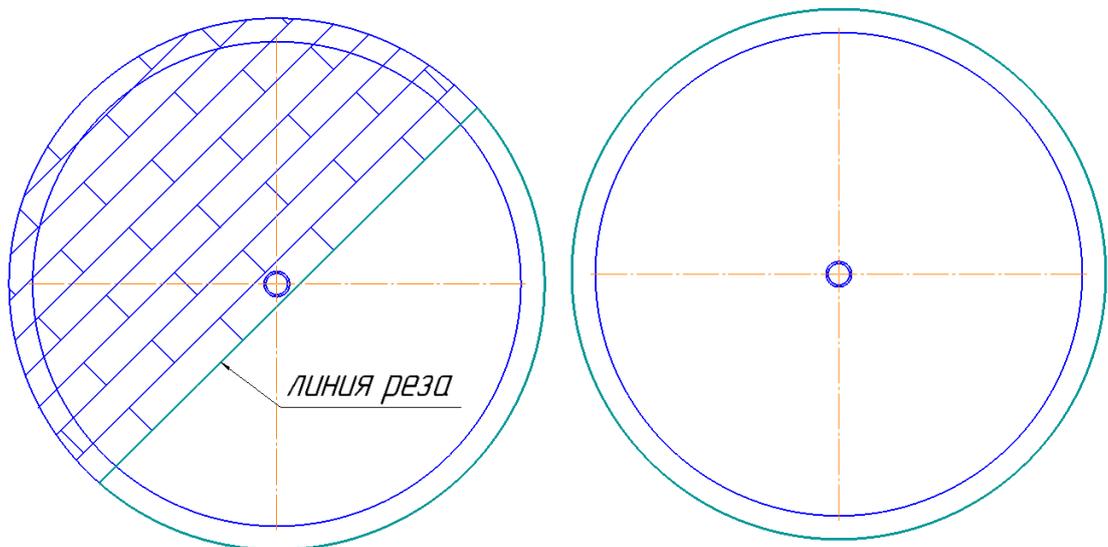


Рисунок 6 – Демонтаж старых листов

Приложение В (СПРАВОЧНОЕ) Вид демонтажа дна резервуара

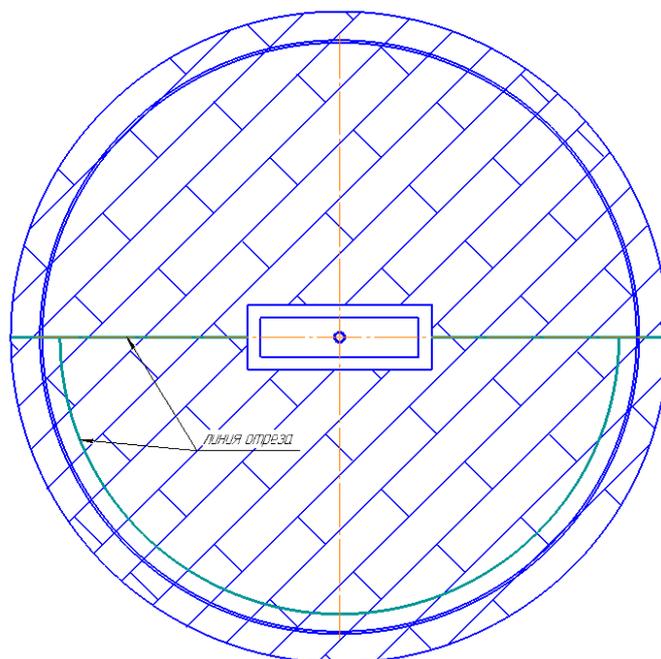


Рисунок 7 – Демонтаж днища по кругу РВС

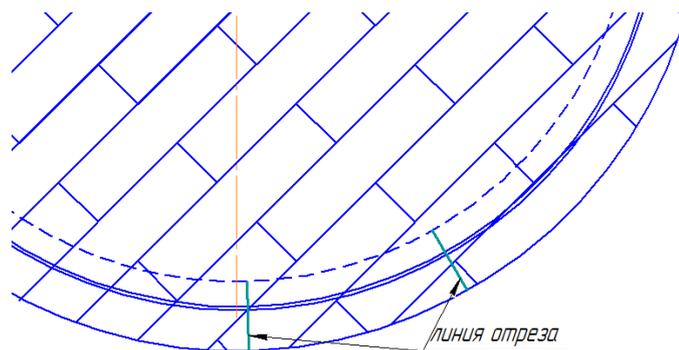


Рисунок 8 – Вырезание окрайки

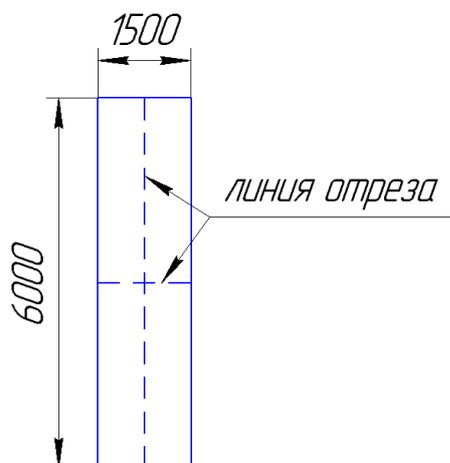


Рисунок 9 – Деление листа

Приложение Г (СПРАВОЧНОЕ) Вид монтажа и сварки  
окрайки резервуара

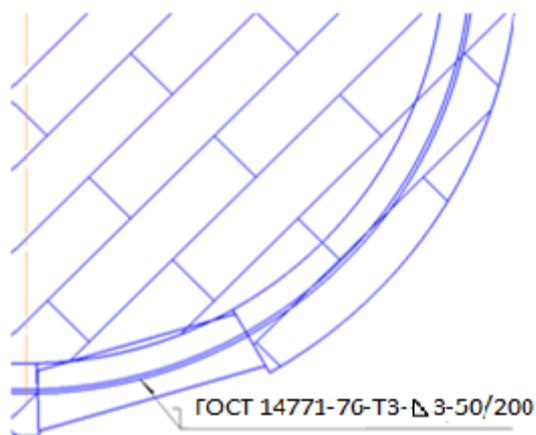


Рисунок 10 – Простановка прихваток на крайке

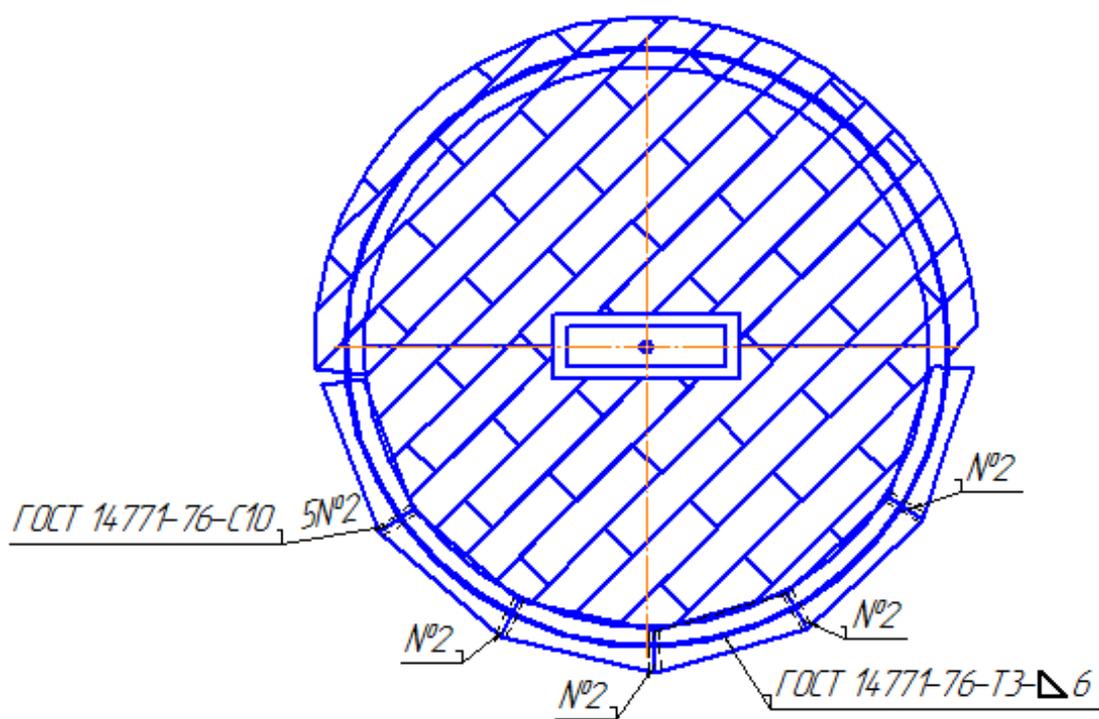


Рисунок 11 – Сварка половины периметра РВС

Приложение Д (СПРАВОЧНОЕ) Сварка дна резервуара

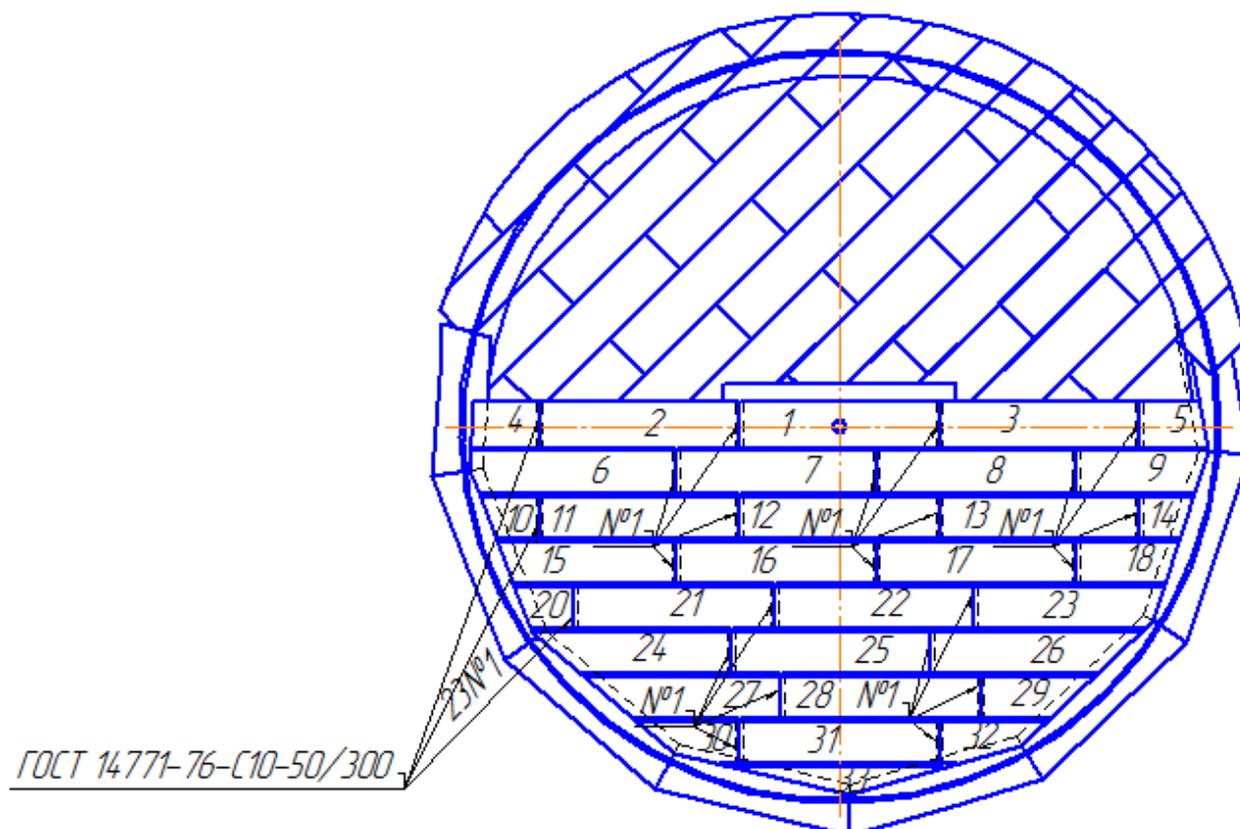


Рисунок 12 – Установка и сварка новых листов

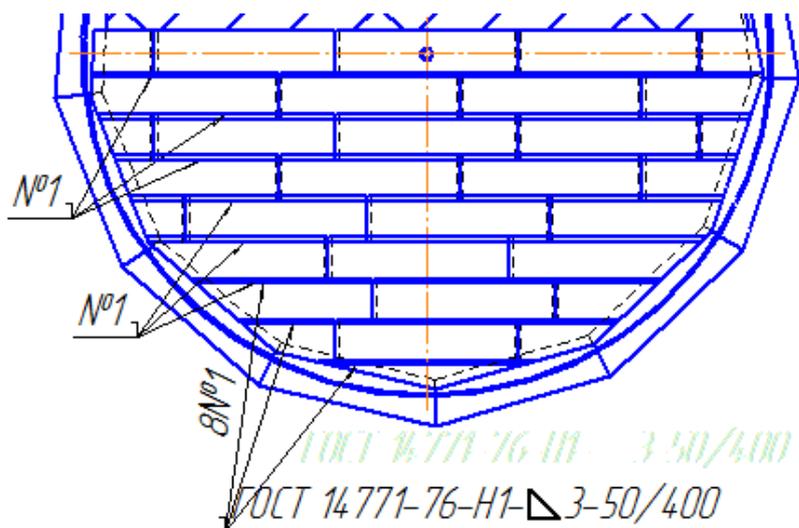


Рисунок 13 – Расстановка прихваток нахлесточных швов

Приложение Е (СПРАВОЧНОЕ) Сварка дна резеруара

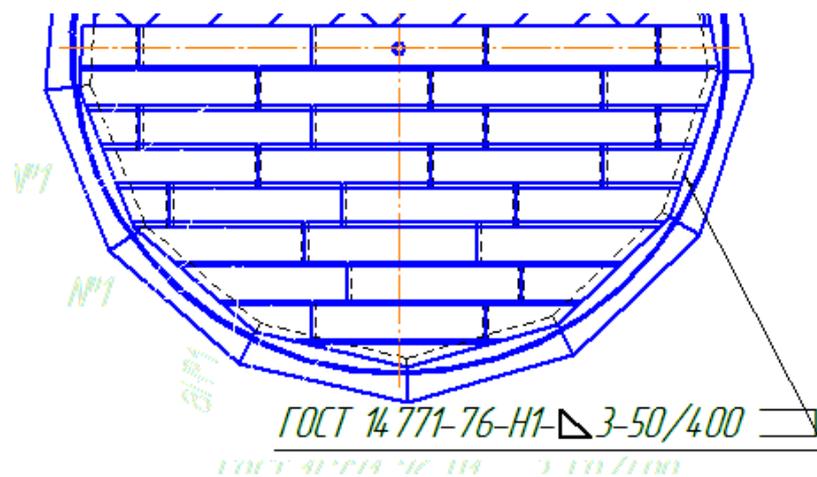


Рисунок 14 – Простановка прихваток по дуговому контуру дна к окрайке

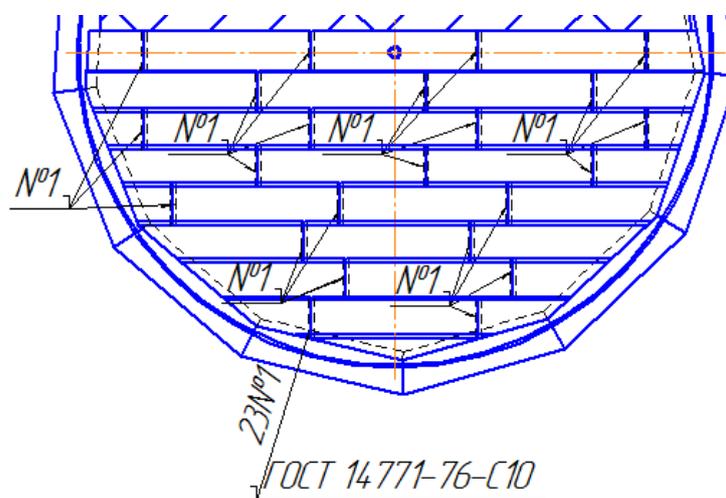


Рисунок 15 – Сварка участков стыков листов по меньшей стороне

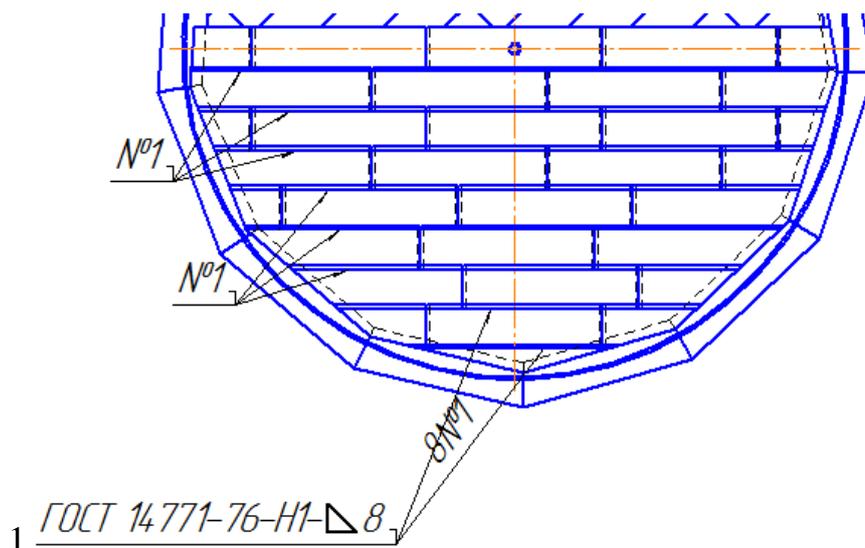


Рисунок 16 – Сварканахлесточных швов

Приложение Ж (СПРАВОЧНОЕ) Вид дна резервуара и оборудование для неразрушающего контроля

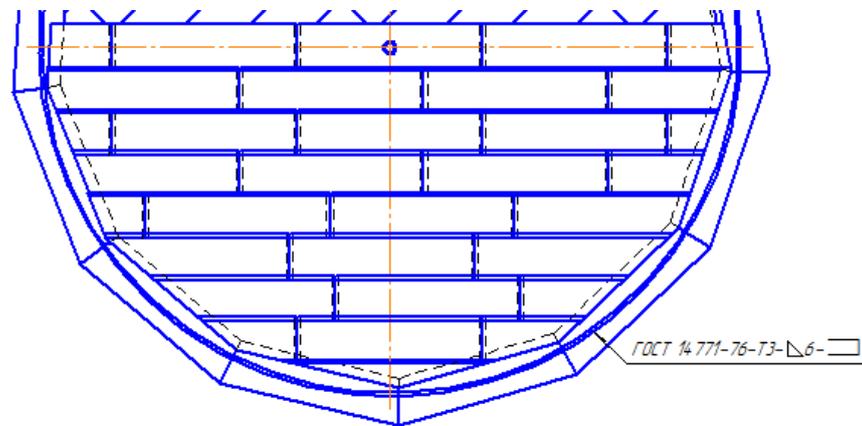


Рисунок 17 – Сварка по дуговому контуру днища с окрайкой

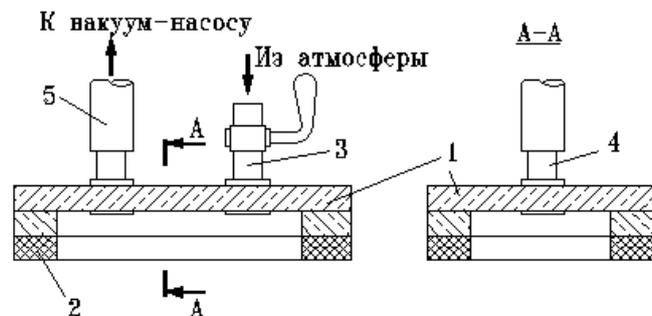


Рисунок 18 – Вакуумная камера плоская для испытания герметичности сварных швов: 1 – корпус из оргстекла; 2 – губчатая резина; 3 – кран; 4 – патрубок; 5 – шланг

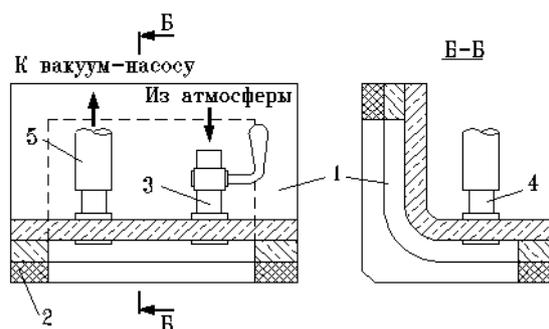


Рисунок 19 – Вакуумная камера угловая для испытания герметичности сварных швов: 1 – корпус из оргстекла; 2 – губчатая резина; 3 – кран; 4 – патрубок; 5 – шланг

Приложение 3 (СПАВОЧНОЕ) Возможный дефект при сварке окрайки

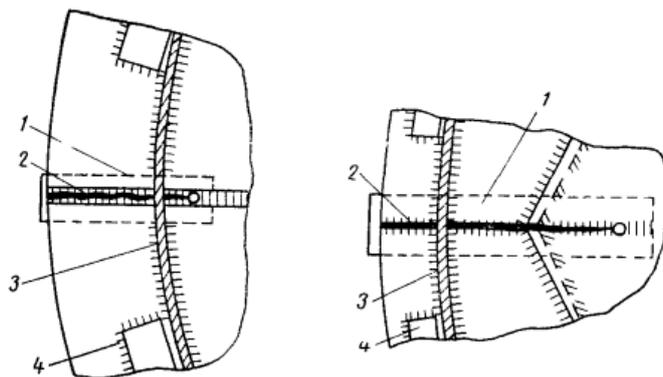


Рисунок 20 – Трещины в сварных швах сегментов и их устранение  
1– подкладка; 2 – место трещины; 3 – шов, прикрепляющий сегмент к корпусу; 4 – уторный уголок.