

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка технологии сборки и сварки резервуара объемом 1000 м<sup>3</sup></b>

УДК 621.791:621.642.3-049.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1B51	Маринин Александр Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Ильященко Д.П.	К.Т.Н		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимова Т. Б.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов И. И.	К.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2020 г.

## Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач

P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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 2019 /2020 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:	31.05.2020 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) /вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.04.2020 г.	Аналитический обзор литературы	10
19.04.2020 г.	Характеристика материала изделия	10
23.04.2020 г.	Выбор способа сварки	10
27.04.2020 г.	Обоснование выбора сварочных материалов	10
30.04.2020 г.	Выбор сварочного оборудования	10
04.05.2020 г.	Разработка технологии сварки	10
08.05.2020 г.	Контроль качества сварных соединений	10
11.05.2020 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
16.05.2020 г.	Социальная ответственность	10
18.05.2020 г.	Заключение по работе	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Ильященко Д.П.	К.Т.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	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
3-1B51	Маринин Александр Александрович

Тема работы:

<b>Разработка технологии сборки и сварки резервуара объемом 1000 м<sup>3</sup></b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№45-31/с от 14.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2020
--	------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>  <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>	Сборка и сварка 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.
--	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <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>	1 Описание сварной конструкции 2 Анализ существующих способов сварки 3 Обоснование выбора сварочных материалов 4 Обоснование выбора основного сварочного оборудования 5 Технология изготовления сварной конструкции 6 Технология сварки РВС 1000 7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 8 Социальная ответственность 9 Заключение
---	--

<b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1 Титульный лист 2 Конструкционные и сварочные материалы 3 Режимы сварки, типы соединений 4 Сварочное оборудование 5 Предлагаемая технология сварки РВС 6 Предлагаемая технология сварки РВС 7 Предлагаемая технология сварки РВС 8 Предлагаемая технология сварки РВС 9 Неразрушающий контроль сварных швов 10 Сравнительная оценка способов сварки 11 Выводы
---	--

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
--	--

Раздел	Консультант
Технологическая часть/Основная часть	Ильященко Д.П.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Т.Б.
Социальная ответственность	Романцов И.И.

<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>
---

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

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

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Ильященко Д.П.	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В51	Маринин А. А.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-1B51	Маринин Александр Александрович

Институт	ИШНКБ	Отделение	ОТСП
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Должностной оклад сварщиков
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы времени на выполнение работ
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов.	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации

## Перечень вопросов, подлежащих разработке:

Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений
Планирование и формирование бюджета проекта	Определение текущих затрат на сварочные работы
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Сравнительная экономическая оценка способов сварки

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Карта сегментирования рынка

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1B51	Маринин А. А.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-1В51	Маринин Александр Александрович

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Разработка технологии сборки и сварки резервуара объемом 1000 м <sup>3</sup>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования.	<p><b>Объект исследования</b> – процесс сборки и сварки вертикального резервуара РВС 1000 м<sup>3</sup></p> <p><b>Рабочая зона</b> – рабочее место сварщика расположено на открытом воздухе. Резервуар располагается на ЦППН на территории города Томска. В районе водосбора реки Томь. Местность заболоченная, равнинная. Климат умеренный.</p> <p><b>Область применения</b> – хранение темных и светлых нефтепродуктов.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	<p>Законодательные и нормативные документы по теме:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- - ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»</li> <li>- - ФЗ «Об основах охраны труда в РФ»</li> <li>- ГОСТ 31385-2016 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия (с Поправкой)</li> <li>- ГОСТ 14771-76. «Дуговая сварка в защитном газе».</li> <li>- ГОСТ 1510–84. Нефть и оборудование нефтепродукты. Маркировка, технологии упаковка, технологии транспортирование и хранение.</li> <li>- ПБ 03-273-99. «Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства».</li> <li>- СТО-СА-03-002-2009 "Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов».</li> <li>- Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ.</li> <li>- СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические.</li> <li>- Приказ №485 от 20 ноября 2017 года «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасного ведения газоопасных, огневых и ремонтных работ»</li> </ul>
2. Производственная безопасность:	Выявить вредные факторы на территории сварочного участка: освещенность, шум, вредные вещества, климат, укусы насекомых и животных,



	<p>психофизические факторы (повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, умственное перенапряжение, монотонность труда, стрессовые эмоциональные перегрузки, высокий уровень интенсивности деятельности, рабочая поза).</p> <p>Предлагаемые средства защиты: налобные фонарики, наушники, респираторы.</p> <p>Выявить опасные факторы на территории сварочного участка: электрический ток, статическое электричество, термические ожоги, выполнение работ на высоте, работа с сосудами под давлением.</p> <p>Предлагаемые средства защиты: спецодежда, перчатки.</p>
<b>3. Экологическая безопасность</b>	Рассмотреть необходимость осуществлять отдельный сбор и хранение отходов, подвергать их переработке, утилизации или захоронению.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>Наиболее актуальная ЧС – возникновение пожара. Рассмотреть профилактические мероприятия требования к безопасности и меры по ликвидации ее последствий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использование огнетушителя, песка, пожарной цистерны;</li> <li>- обеспечение средствами индивидуальной защиты.</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1B51	Маринин Александр Александрович		

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа 112 с., 13 рис., 26 табл., 38 источника литературы, 15 листов демонстрационного материала (слайдов).

Ключевые слова: РВС 1000, механизированная сварка в среде защитных газов, технология сборки и сварки, монтаж резервуара.

Объектом исследования является технология сборки и сварки резервуара РВС-1000м<sup>3</sup>.

Цель работы – разработка технологии сборки и сварки резервуара РВС-1000м<sup>3</sup>.

В процессе исследования проводились: ознакомление с технологией производства и монтажа РВС, изучение способов сварки и сварочных материалов, расчет режимов сварки, изучение используемого оборудования для сварки.

В результате исследования был изучен технологический процесс сборки и сварки резервуара РВС-1000 м<sup>3</sup>.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: диаметр 10400 мм, высота 12000 мм, объем 1000 м<sup>3</sup>.

Область применения: разработанная технология может применяться на предприятиях связанных со строительством вертикальных резервуаров.

Экономическая эффективность работы: проведен технико-экономический анализ процесса сборки и сварки в монтажных условиях резервуара РВС-1000 ручной дуговой сварки и 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 бакалавра выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и графическом редакторе «КОМПАС-3D V18»

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

### *Обозначения и сокращения*

PBC – резервуар вертикальный стальной.

$\sigma_T$  – предел текучести;

$\sigma_B$  – временное сопротивление разрыву;

$\delta_5$  – относительное удлинение;

$d_{\text{э}}$  – диаметр электродного стержня;

$j$  – допускаемая плотность тока;

$\alpha_n$  – коэффициент наплавки;

$F_n$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла за проход;

$\gamma$  – плотность наплавленного металла за данный проход;

$q_{\text{эф}}$  – эффективная тепловая мощность сварочной дуги;

$I_{\text{св}}$  – ток сварочной дуги;

$U_{\text{д}}$  – напряжений на дуге;

$\eta_u$  – эффективный КПД нагрева изделия дугой;

$V_{\text{св}}$  – скорость перемещения сварочной дуги.

### *Нормативные ссылки*

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- 1 ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность, гигиеническое нормирование вибрации на рабочих местах;
- 2 ГОСТ 12.1.003- 83 Нормируемые параметры шума на рабочих местах;
- 3 ГОСТ 12.1.005-88 Нормы производственного микроклимата установленные системой безопасности труда;
- 4 ГОСТ 12.0.002-74 Требования на предприятии соблюдаемые с целью уменьшения опасности поражения электрическим током.
- 5 ГОСТ 17.2.3.02- 78 Требования для предприятий по выбросу вредных веществ в атмосферу.

6 СТП ТПУ 2.5.01-2014 Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления.

## Оглавление

Введение.....	14
1 Обзор литературы .....	16
1.1 Основные требования, предъявляемые конструкции .....	16
1.2 Требования, предъявляемые к сборке и сварке конструкции .....	16
1.3 Описание конструкции .....	18
1.4 Материал конструкции .....	19
1.5 Входной контроль основного материала для изготовления .....	21
2 Выбор сварочных материалов и оборудования .....	23
2.1 Выбор способа сварки .....	23
2.2 Выбор сварочных материалов .....	24
2.3 Расчет параметров режима сварки .....	26
2.4 Выбор сварочного оборудования .....	33
3 Разработка технологии сборки и сварки.....	35
3.1 План раскроя заготовок .....	35
3.2 План борьбы со сварочными деформациями .....	35
3.3 Заготовительные операции .....	37
3.4 Технология сборки и сварки конструкции .....	37
3.5 Контроль качества сварных соединений .....	48
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 51	
4.1 Потенциальные потребители результатов разработки технологии .....	51
4.2 Расчет норм времени на сварку .....	52
4.3 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки.....	59
5 Социальная ответственность .....	67
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	67
5.2 Производственная безопасность .....	68
5.3 Экологическая безопасность.....	81
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	84
Заключение .....	88
Список использованных источников .....	89

Приложение А Комплект технологической документации.....	92
Приложение Б Комплект чертежей.....	93

## **Введение**

Ранее монтаж вертикальных резервуаров производился полистовым способом, т.е. путем сборки из отдельных листов. Полистовая сборка резервуаров осуществляется с помощью самоходных кранов, оборудованных стрелами необходимой длины. Сварка стенки осуществляется после завершения монтажа днища. Сейчас полистовой метод является основным при строительстве резервуаров большой вместимости.

Следующий этап развития методов строительства резервуаров связан с разработкой метода подрачивания, направленного на частичную индустриализацию процесса изготовления и монтажа вертикальных резервуаров с целью перевода наиболее трудоемких операций на предприятия стройиндустрии.

Недостатком этого способа кроме трудоемкости и сложной оснастки является необходимость обеспечения устойчивости при установке резервуаров. Для защиты от воздействия ветровых нагрузок требуется надежное расчаливание стенки с установкой якорей.

В настоящее время освоен и применяется экономичный и отвечающий современным требованиям механизации рулонированный метод строительства резервуаров большой вместимости. При таком методе сварка элементов днища и стенки производится в заводских условиях, далее они в виде рулонных заготовок доставляются на площадку строительства производственных объектов, где производится «разворачивание» резервуара, соединение рулонов и монтаж кровли.

Правильная организация работ и последовательность операций по сборке и сварке резервуаров вследствие их больших размеров и большой длины сварных швов имеет исключительное значение. Правильный монтаж резервуаров позволяет свести до минимума остаточные напряжения, вызываемые усадкой сварных швов, и предотвратить коробление листов конструкции.



Последовательность монтажа РВС:

1. Монтаж днища;
2. Опускание днища на фундамент;
3. Сборка и сварка стенки;
4. Сборка и сварка стропильного каркаса жесткости крыши;
5. Монтаж листов крыши.

В условиях монтажа применяются ручные способы сварки, что заметно увеличивает срок изготовления резервуара.

Цель работы – разработка технологии сборки и сварки резервуара РВС-1000м<sup>3</sup> с применением механизированных средств сварки.

Для реализации необходимо решить следующие задачи:

- выбрать наиболее производительный способ сварки;
- подобрать сварочные материалы;
- произвести расчет режимов сварки;
- выбрать необходимое сварочное оборудование;
- описать процесс монтажных работ по сборке и сварке резервуара;
- рассмотреть способы диагностики дефектов;
- рассмотреть технику безопасности при сварке.

## **1 Обзор литературы**

### **1.1 Основные требования, предъявляемые конструкции**

Согласно требованиям, СТО 0048-2005 [1], к резервуарам предъявляются следующие требования.

Днище, стенка и настил крыши могут выполняться как в полистовом, так и в рулонном исполнении. Полистовое исполнение предусматривает изготовление и монтаж элементов резервуара из отдельных листов. Полотнища элементов резервуара изготавливаются на заводе в виде рулонов, впоследствии разворачиваемых в проектное положение при монтаже резервуара. Масса полотнищ должна определяться возможностями их транспортировки и монтажа.

Крыша резервуара может быть стационарной, опирающейся на стенку резервуара, и плавающей на поверхности продукта.

С целью уменьшения потерь продукта за счет его испарения в резервуарах со стационарной крышей используются понтоны. Необходимость установки понтонов определяется характеристиками хранимого продукта и технологическими особенностями эксплуатации резервуарного парка.

Лестницы для доступа на крышу резервуара могут быть шахтными, кольцевыми, наклонными (для резервуаров со стационарными крышами) и катучими (для резервуаров с плавающими крышами).

### **1.2 Требования, предъявляемые к сборке и сварке конструкции**

Конструктивные элементы сварных соединений и швов, как правило, должны соответствовать требованиям стандартов на применяемый вид сварки:

для ручной дуговой сварки:

- сварные соединения - ГОСТ 5264-80 [2];

- сварные соединения под острыми и тупыми углами - ГОСТ 11534-75 [3];

для автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом:

- сварные соединения - ГОСТ 8713-79 [4];
- для дуговой сварки в среде защитных газов:
- сварные соединения - ГОСТ 14771-76 [5];
- сварные соединения под острыми и тупыми углами - ГОСТ 23518-79 [6].

Сварные швы соединений должны быть плотно-прочными и соответствовать основному металлу по показателям стандартных механических свойств металла шва: пределу текучести, временному сопротивлению, относительному удлинению.

Для улучшения коррозионной стойкости металл шва и основной металл по химическому составу должны быть близки друг к другу.

Применяемая технология сварки должна обеспечивать минимальные сварочные деформации и перемещения элементов конструкций.

Прихватки не рассчитываются на силовые воздействия.

Стыковые соединения деталей неодинаковой толщины при разнице, могут выполняться так же, как и деталей одинаковой толщины; конструктивные элементы разделки кромок и размеры сварного шва следует выбирать по большей толщине.

При разности в толщине свариваемых деталей имеющей большую толщину, должен быть сделан скос под углом  $15^\circ$  с одной или с двух сторон до толщины тонкой детали. При этом конструкцию разделки кромок и размеры сварного шва следует выбирать по меньшей толщине.

Для деталей толщиной 4 - 5 мм катет углового сварного шва должен быть равен 4 мм. Для деталей большей толщины катет углового шва определяется расчетом или конструктивно, но должен быть не менее 5 мм.

Заводские сварные соединения рулонных заготовок выполняются встык.

Нахлесточное соединение со сваркой с одной стороны допускается при сборке днища и крыши из рулонных заготовок с величиной нахлестки не менее 30 мм.

### 1.3 Описание конструкции

Резервуар вертикальный стальной РВС 1000 м<sup>3</sup> состоит из плоского дна, поясов стенки и стационарной крыши (конической) (рисунок 1).

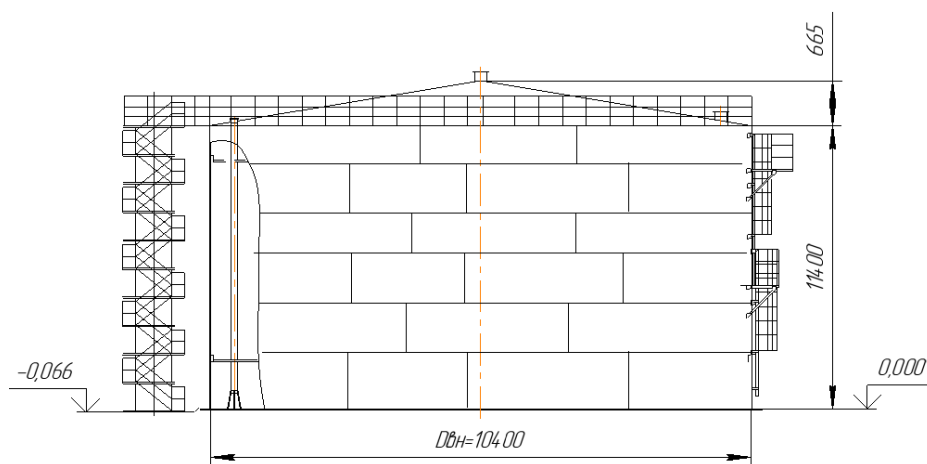


Рисунок 1 – Общий вид резервуара РВС-1000

Плоское дно крупных резервуаров состоит из двух и более монтажных элементов. Допускается монтаж дна 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 обушка верхнего обвязочного уголка.

#### 1.4 Материал конструкции

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

РВС 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. Сталь 09Г2С используется при производстве элементов сварных металлоконструкций и при производстве деталей с ограничением массы, работающих при температуре от -70 до +425 °С под давлением (таблица 1 и 2).

Таблица 1 – Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19282-73 [7]

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 [7]

$\sigma_T$ , 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.

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

В процессе сварки происходит деформация, в дальнейшем эти участки становятся зонами старения – самопроизвольное упрочнение с потерей пластических свойств. Отпуск 550-600 °C 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:

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

где C, Mn, Cr, Mo, Ni, Cu, P - процентное содержание легирующих элементов в металле шва.

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 с широким 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:

$$C_{\text{э}} = (0,09 + \frac{1,5}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2}) = 0,46 \% .$$

Определим размерный эквивалент углерода по формуле [8]:

$$C_{\rho} = 0,005 \cdot S \cdot C_{\text{э}}, \quad (2)$$

где  $S$  - толщина свариваемой стали, тогда:

$$C_{\rho} = 0,005 \cdot 8 \cdot 0,46 = 0,012 \% .$$

Находим суммарный эквивалент углерода  $C_{\Sigma}$ :

$$\sum C_{\text{э}} = C_{\text{э}} + C_{\rho} ; \quad (3)$$

$$\sum C_{\text{э}} = 0,46 + 0,012 = 0,472 \% .$$

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

### **1.5 Входной контроль основного материала для изготовления**

Согласно требованиям, СТО 0048-2005 [1], стали, используемые в конструкциях резервуаров, должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов и технических условий, а также дополнительным требованиям проектной документации.

Все элементы конструкций по требованиям к материалам разделяются на две группы:

Основные конструкции:

А - стенка, привариваемые к стенке листы днища или кольцевые окрайки, обечайки люков и патрубков в стенке и фланцы к ним, привариваемые к стенке усиливающие накладки, опорное (верхнее) кольцо жесткости;

Б - центральная часть днища, анкерные крепления, каркас крыши (включая фасонки), настил крыши, самонесущие конические крыши, плавающие крыши, промежуточные кольца жесткости, обечайки люков и патрубков на крыше, включая фланцы к ним.

Вспомогательные конструкции: лестницы, площадки ограждения и др.

Применяемый прокат по точности изготовления (ширине, толщине, длине и плоскостности, серповидности), наличию дефектов прокатки и качеству поверхности должен удовлетворять требованиям соответствующих стандартов, технических условий и требованиям проектной документации.



## 2 Выбор сварочных материалов и оборудования

### 2.1 Выбор способа сварки

Для монтажа 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 (таблица 3).

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 качестве основного нормативного документа, регламентирующего проектирование и строительство резервуаров, является РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04 [9]. Согласно этому документу, проанализировав достоинства и недостатки способов сварки, проведенных в таблице 3, в качестве основного способа сварки, была выбрана механизированная сварка в среде защитных газов проволокой сплошного сечения.

Механизированная сварка – дуговая сварка автоматически подающимся проволочным электродом (проволокой) в среде защитного газа.

Защитный газ, выходя из сопла, вытесняет воздух из зоны сварки. Сварочная проволока подается вниз роликами, которые вращаются двигателем подающего механизма. Подвод сварочного тока к проволоке осуществляется через скользящий контакт.

Химический состав стальной сварочной проволоки выбирают в зависимости от марки свариваемых сталей. Обычно сварочная проволока должна иметь меньшее содержание углерода и большее содержание легирующих элементов, чем свариваемые детали. В этом случае можно получить сварной шов равнопрочным с основным металлом и аналогичными физико-химическими свойствами. Проволока имеет буквенно-цифровое обозначение, включающее диаметр, ее назначение (сварочная, для электродов) и химический состав [9].

## **2.2 Выбор сварочных материалов**

### **2.2.1 Выбор и обоснование защитного газа**

В качестве защитных газов наибольшее распространение получили углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), аргон и смесь углекислого газа с аргоном.

Использование защитных сварочных смесей в правильной пропорции зачастую делает сварку более эффективной, повышает производительность и позволяет добиться более качественных швов, благодаря следующим особенностям:

- снижение количества брызг;
- увеличение скорости наплавления металла;
- повышение пластичности и плотности шва;
- уменьшение задымленности;
- увеличение стабильности дуги.

Принимаем в качестве защитного газа смесь Ar (75 %) и CO<sub>2</sub> (25 %) по ГОСТ Р ИСО 14175-2010 [10].

### 2.2.2 Выбор сварочной проволоки

Для сварки резервуаров необходимо использовать материалы, внесенные в реестр ПАО «АК Транснефть» [11]. Выбираем проволоку компании ESAB OK AUTROD 12.51. Это традиционная универсальная омедненная сварочная проволока, предназначенная для сварки изделий из конструкционных нелегированных и низколегированных сталей с пределом текучести до 420 МПа, эксплуатирующихся при знакопеременных нагрузках и низких температурах. Высококачественное омеднение, рядная намотка на катушки, стабильный диаметр по всей длине в сочетании с низким содержанием вредных примесей, таких как S и P, обеспечивают стабильное горение проволоки с минимальным разбрызгиванием и высокое качество наплавленного металла. Проволока нашла широкое применение в судостроении, сварке металлоконструкций, машиностроении и многих других отраслях промышленности. Химический состав и механические свойства наплавленного металла представлены в таблица 4 и 5, соответственно.

Таблица 4 – Химический состав проволоки ESAB OK AUTROD 12.51, % [11]

C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
0,06 - 0,14	1,4 – 1,6	0,8 – 1,0	0,20	0,25	0,025	0,025

Таблица 5 – Механические свойства металла шва, выполненного проволокой ESAB OK AUTROD 12.51 [11]

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	Ударная вязкость KCV, Дж/см <sup>2</sup>	Ударная вязкость KCU, Дж/см <sup>2</sup>
440	540	25	138 при +20 °C ≥59 при -30 °C	≥29 при -60 °C

### 2.2.3 Входной контроль сварочных материалов

В документе о качестве на сварочную проволоку в соответствии с ГОСТ 2246-70 [12] должны быть приведены следующие данные:

- 1) наименование или товарный знак предприятия-изготовителя;
- 2) условное обозначение проволоки;
- 3) номер плавки и партии;
- 4) состояние поверхности проволоки;
- 5) химический состав в процентах;
- 6) результаты испытаний на растяжение;
- 7) масса проволоки нетто в килограммах.

Контроль сварочной проволоки сплошного сечения включает:

- 1) проверку диаметра проволоки;
- 2) проверку состояния поверхности;
- 3) проверку содержания основных легирующих элементов.

Результаты контроля фиксируются в «Журнале входного контроля сварочных материалов».

### 2.3 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, род тока и его полярность [13].

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.

При сварке сегментов крыши между собой и сварке вертикального монтажного шва резервуара РВС-1000 применяется тип соединения Н1 (рисунок 2).

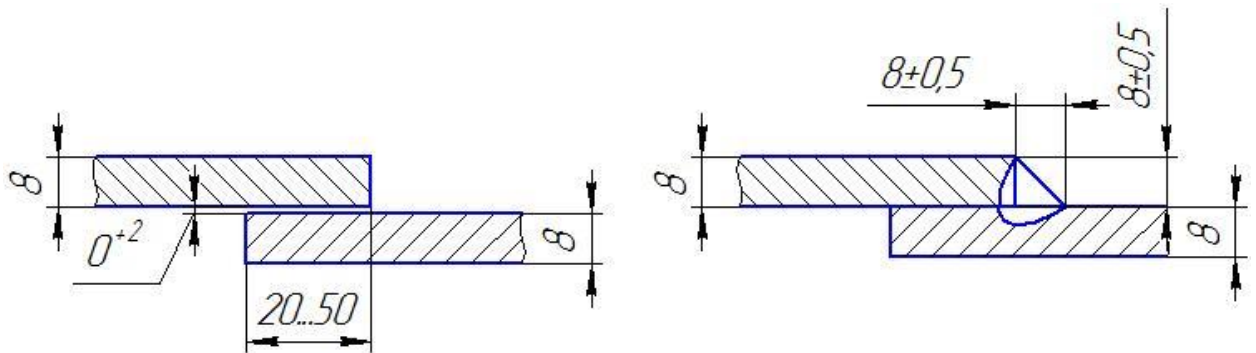


Рисунок 2 – Разделка кромок и параметры шва (условное обозначение – Н1)

$$F_n = \frac{k^2}{2} = \frac{8^2}{2} = 32 \text{ см}^2. \quad (4)$$

Согласно [13] для толщины металла 8 мм воспользуемся проволокой диаметром 1,2 мм.

Тогда по рекомендации литературы [8], плотность тока  $j = 170 \text{ А/мм}^2$ .  
Определяем силу сварочного тока по формуле:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_{э}^2}{4} \cdot j = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 170 = 192 \text{ А}, \quad (5)$$

принимаем  $I_{св} = 200 \text{ А}$ .

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

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{э}}} \cdot I_{св} \pm 1, \quad (6)$$

Подставляем значения в формулу (6) и получаем:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,2^{0,5}} \cdot 200 \pm 1 = 29,1 \pm 1,$$

принимаем  $U_d = 30 \text{ В}$ .

Найдём скорость сварки:

$$v_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_H}, \quad (7)$$

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

$F_H$  – площадь наплавки, мм<sup>2</sup>;

$I_{CB}$  – сварочный ток, А;

$\alpha_H$  – коэффициент наплавки, г/А·ч.

Чтобы найти  $\alpha_H$  воспользуемся формулой:

$$\alpha_H = \alpha_P (1 - \psi), \quad (8)$$

где  $\alpha_P$  – коэффициент расплавления, он отличается от коэффициента наплавки в связи с потерями электродного металла,

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

Анализ экспериментальных данных, полученных при сварке в среде защитных газов показал, что величина коэффициента потерь для сварки при оптимальных напряжениях дуги зависит от плотности тока в электроде [13].

$$\psi = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (9)$$

Подставляем значения в формулу (9) и получаем:

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

Коэффициент расплавления:

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

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

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

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

Подставляем значения в формулу (10) 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 (8):

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

Вычислим скорость сварки по формуле (7):

$$v_{CB} = \frac{8,5 \cdot 200}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,125} = 0,483 \text{ см} / \text{с} = 17,4 \text{ м} / \text{ч}.$$

Определим погонную энергию:

$$q_{\Pi} = \frac{0,24 I_{CB} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_{\Pi}}{v_{CB}}, \quad (11)$$

где  $\eta_{\Pi} = 0,8-0,84$ , принимаем  $\eta_{\Pi} = 0,84$ .

Подставляем значения в формулу (11) и получаем:

$$q_{\Pi} = \frac{0,24 \cdot 200 \cdot 30 \cdot 0,84}{0,483} = 2500 \text{ Дж} / \text{см}.$$

Коэффициент формы провара:

$$\psi_{\Pi P} = k' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{CB}) \cdot \frac{d_{\text{э}} \cdot U_{\text{д}}}{I_{CB}}, \quad (12)$$

где  $k'$  - коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности, для сварки постоянным током обратной полярности, для  $j > 120 \text{ А} / \text{мм}^2$  равен  $k' = 0,92$ .

Подставляем значения в формулу (12) и получаем:

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

Найдём глубину провара:

$$H = 2 \cdot \sqrt{\frac{q_{\Pi}}{\pi \cdot e \cdot c \cdot j \cdot T_{\Pi\Pi} \cdot \psi_{\Pi P}}} = A \cdot \sqrt{\frac{q_{\Pi}}{\psi_{\Pi P}}}. \quad (13)$$

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

$$H = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{q_{\Pi}}{\psi_{\Pi P}}} = 0,0081 \cdot \sqrt{\frac{2500}{2,82}} = 0,24 \text{ см}.$$

Определим площадь проплавления по формуле:

$$F_{\Pi P} = \frac{\pi \cdot \psi_{\Pi P} \cdot H^2}{4}, \quad (14)$$

где  $\psi_{пр}$  - коэффициент формы провара, равный 2,82.

Подставляем значения в формулу (14) и получаем:

$$F_{пр} = \frac{3,14 \cdot 2,82 \cdot 2,4^2}{4} = 12,75 \text{ мм}^2.$$

Площадь наплавки равна 12,75 мм<sup>2</sup>.

Рассчитаем долю участия основного металла в металле шва по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{F_{пр}}{F_n + F_{пр}}, \quad (15)$$

где  $F_{пр}$ - площадь проплавления;

$F_n$ - площадь наплавки.

Подставляем значения в формулу (15) и получаем:

$$\gamma_0 = \frac{12,75}{32 + 12,75} = 0,71.$$

При сварке уторного шва (наружного и внутреннего) шва сопряжения стенки с днищем применяется тип соединения ТЗ (рисунок 3).

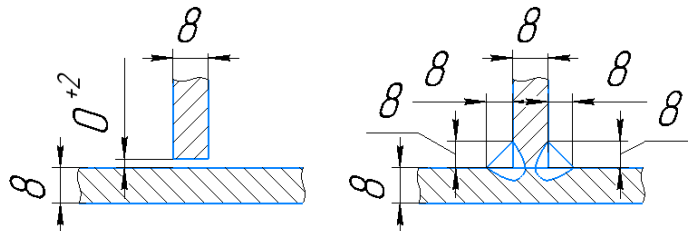


Рисунок 3 – Разделка кромок и параметры шва (условное обозначение – ТЗ)

При сварке стенки с крышей резервуара РВС-1000 применяется тип соединения Т1 (рисунок 4).

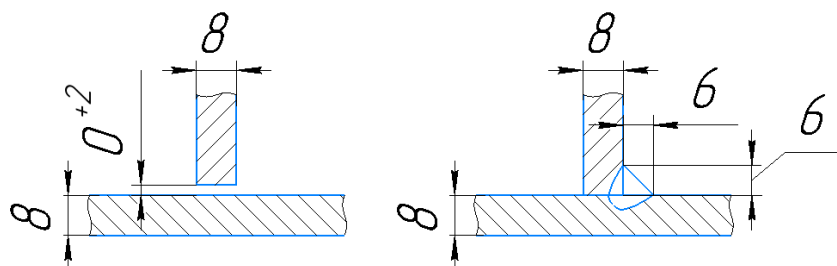


Рисунок 4 – Разделка кромок и параметры шва (условное обозначение – Т3)



При сварке элементов полотнища резервуара РВС-1000 применяется стыковой тип соединения С4 (рисунок 5).

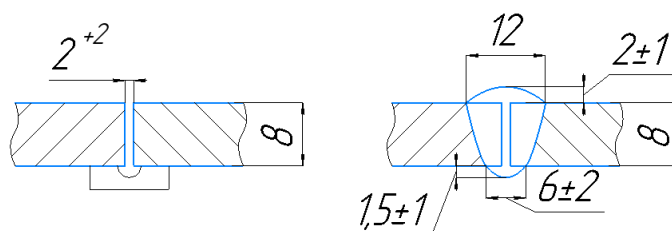


Рисунок 5 – Разделка кромок и параметры шва (условное обозначение – С4)

Расчет режимов сварки для соединений С4, Т1 и Т3 производится аналогично нахлесточному соединению Н1, результаты расчетов приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Режимы сварки для используемых типов соединений

Тип соединения	$F_n, \text{мм}^2$	Катет, мм	Режимы сварки			
			$I_{\text{св}}, \text{А}$	$U_d, \text{В}$	$V_{\text{св}}, \text{м/ч}$	$\alpha_n, \text{г/А*ч}$
Н1- $\angle 8$ - ГОСТ 14771-76	32	8	190-200	28-30	16-18	8,5
Т3- $\angle 8$ - ГОСТ 14771-76	32	8	190-200	28-30	16-18	8,5
Т1- $\angle 6$ - ГОСТ 14771-76	18	6	170-190	26-28	14-16	8,5
С4 - ГОСТ 14771-76	40	-	250-270	31-33	7-9	8,5

### 2.3.1 Определение расхода сварочных материалов

Количество монтажных швов считается следующим образом. Сварка днища со стенкой – длина шва 32,7 м; сварка монтажного шва стенки – длина шва 11,4 м; сварка стенки с крышей – 32,7 м; сварка сегментов крыши – длина шва 20,8 м. Общая длина монтажных швов листов – 97,6 м. Так же имеются швы небольшой протяженности не более 10 % от общей длины. Принимаем общую протяженность швов – 110 м.

Расход сварочной проволоки можно определить по формуле:

$$G_p = \frac{G_H}{(1 - \psi)}, \quad (20)$$

где  $G_H$  – масса наплавленного металла, которая определяется по формуле:

$$G_H = F_H \cdot l_{ш} \cdot \gamma, \quad (21)$$

где  $F_H$  – площадь наплавленного металла,  $F_H = 32 \text{ см}^2$ ;

$l_{ш}$  – длина шва,  $l_{ш} = 110 \text{ м}$ ;

$\gamma$  – плотность металла;  $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ .

$$G_H = 0,32 \cdot 11000 \cdot 7,8 = 27456 \text{ г.}$$

Подставляем значения в формулу (20) и получаем:

$$G_p = \frac{27456}{(1 - 0,1225)} = 31289 \text{ г.}$$

Определим расход газа, требуемого на выполнение шва, по формуле:

$$G_r = t_{очн} \cdot g_H, \quad (22)$$

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

$g_H$  – норма расхода газа ( $g_H = 15 \text{ л/мин}$ ).

$$t_{очн} = \frac{3600 \cdot G_H}{\alpha_H \cdot I_{св}}, \quad (23)$$

где  $\alpha_H$  – коэффициент наплавки, который принимаем как при сварке плавящимся электродом  $\alpha_H = 8,5 \text{ г / А} \cdot \text{ч}$ .

Подставляем значения в формулу (23) и получаем:

$$t_{очн} = \frac{3600 \cdot 27456}{8,5 \cdot 200} = 58142 \text{ с} = 969 \text{ мин.},$$

Таким образом, расход газа, при сварке листов толщиной 8 мм, на шов длиной 110 метров по формуле (22) равен:

$$G_r = 969 \cdot 15 = 14536 \text{ л.}$$

## 2.4 Выбор сварочного оборудования

Для сварки резервуаров необходимо использовать оборудование, внесенное в реестр ПАО «АК Транснефть» [11]. Принимаем сварочный полуавтомат Kemppi Fast MIG KMS 500 в комплекте с подающим устройством MFX 67.

Сварочный полуавтомат KEMPPi FastMig KMS 500 – аппарат для сварки MIG/MAG с множеством разнообразных функций для промышленной эксплуатации. Синергетические элементы управления и расширенный выбор программ сварки облегчают эксплуатацию аппарата и повышают его эффективность.

Особенности:

- модульный аппарат для сварки MIG/ MAG с дополнительными функциями;
- энергосберегающие модели KMS комплектуются тремя механизмами подачи проволоки MXF, соответствующими различным условиям работы и катушкам проволоки диаметром 200 и 300 мм;
- стандартные и синергетические панели управления оснащены большими дисплеями с четкой индикацией и предлагают полезные функции, облегчающие сварку в любой ситуации;
- сварочный процесс WiseRoot обеспечивает высокую скорость выполнения и высокое качество корневых швов;
- возможность сбора и анализа данных сварки.

Технические характеристики сварочного полуавтомата Kemppi Fast MIG KMS 500 представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики сварочного полуавтомата [14]

Характеристика	Значение
Напряжение питания 3~, 50/60 Гц	400 В (-15...+20 %)
Номинальная мощность при макс. токе	25,9 кВА/26,1 кВА
Сетевой кабель Н07RN-F	4G6 (5 м)
Предохранитель с задержкой срабатывани	35 А
Нагрузка при 40 °С ПВ 60 %	500 А/39 В
Нагрузка при 40 °С ПВ 100 %	430 А/35,5 В
Напряжение холостого хода MMA	50 В
Напряжение холостого хода MIG	65 В
Коэффициент мощности при макс. токе ( $\cos \varphi$ )	87 %
Диапазон сварочных токов и напряжений (MIG)	20 А/12 В – 500 А/40 В
Диапазон сварочных токов и напряжений (MMA)	10 А/20 В – 500 А/40 В
Габаритные размеры (мм) Д x Ш x В	590 x 230 x 430
Масса	35 кг

### **3 Разработка технологии сборки и сварки**

#### **3.1 План раскроя заготовок**

План раскроя листов для изготовления одного рулонированного днища, одной рулонированной стенки с лестницей, четырех полотнищ настила крыши приведен в картах эскизов в приложении 1.

#### **3.2 План борьбы со сварочными деформациями**

Во избежание создания значительных напряжений и деформаций, а также образования трещин сварщики перед началом работы должны быть детально ознакомлены с технологическим процессом сварки данного элемента.

В целях уменьшения деформаций в процессе сварки, понижения скорости охлаждения и получения плотных высококачественных соединений необходимо:

- напряжение на дуге и силу тока принимать повышенными из условия увеличения погонной энергии приблизительно на 4-5 % на каждые 10 °С (погонная энергия, принятая при положительной температуре 10 - 20°С, принимается за 100 %);

- накладывать швы в последовательности, обеспечивающей максимальную свободу деформаций в процессе сварки, в частности, применяя обратноступенчатый метод сварки (длина ступени не более 400 мм);

- при сварке встык листов толщиной 6 мм и более применять многослойную сварку, накладывая каждый последующий слой по неостывшему предыдущему. Указанное условие достигается, если длина одновременно свариваемого участка при ручной сварке не превышает 1 м, при механизированной сварке под флюсом - приблизительно 7-8 м. Число слоев сварки должно составлять: при толщине металла от 6 до 12 мм – 3.

При ремонте днища резервуара, наиболее часто встречающиеся дефекты

- это трещины в сварных швах и основном металле сегментов и окраек 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 10%-ным раствором азотной кислоты. Концы трещины засверливают сверлом диаметром 6 – 8 мм, после чего разделяют трещину под сварку (рисунок 6).

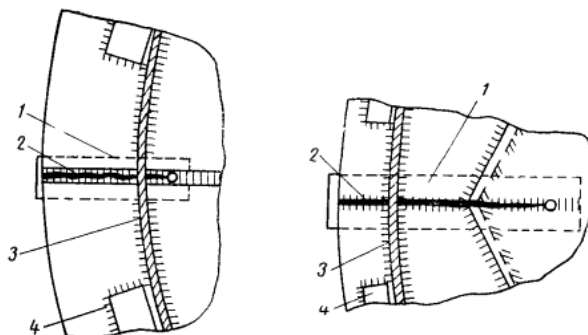


Рисунок 6 – Трещины в сварных швах сегментов и их устранение

1 – подкладка; 2 – место трещины; 3 – шов, прикрепляющий сегмент к корпусу; 4 – уторный уголок

Трещины в швах и основном металле полотнища днища наблюдаются редко. Они появляются в местах пересечения швов. Причина образования таких трещин – отклонение от нормальной технологии сварки днищ резервуаров при их ремонте.

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

Если под днищем выявлены пустоты или выпучины (рисунок 7) размерами, превышающими допустимые, в днище вырезают отверстие диаметром 20 – 25 см, засыпают в пустоты изолирующую смесь и уплотняют ее.

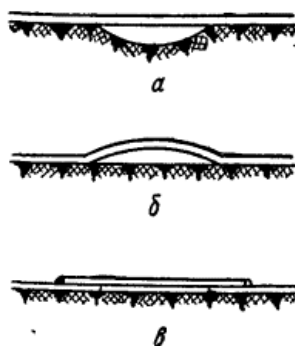


Рисунок 7 – Методы ремонта пустот под днищем и выпучин в днище  
а – местная просадка основания; б – выпучина в днище; в – участок,  
отремонтированный методом установки наладки

После этого на вырезанное отверстие устанавливают и приваривают накладку из листа толщиной 5 мм. Размеры накладки выбирают так, чтобы обеспечивался нахлест 30 – 40 мм.

### 3.3 Заготовительные операции

В нашем случае заготовительными операциями будут считаться изготовление элементов, которые на участок доставляют от завода-изготовителя в собранном виде: 1 рулонированное днище, 1 рулонированная стенка с лестницей, 4 полотнища настила крыши.

Последовательность изготовления днища, стенки и настила крыши описана в комплекте технологической документации (приложение А).

### 3.4 Технология сборки и сварки конструкции

Документ СП 365.1325800-2017 [15] определяет последовательность монтажных работ при сборке и сварке резервуара.

Работы включают в себя следующие этапы:

- подготовка монтажной площадки;
- монтаж и разметка днища;
- подъем рулона стенки в вертикальное положение;

- установка центральной монтажной стойки;
- развертывание рулона стенки;
- установка опорных колец и колец жесткости;
- сборка и установка покрытия.

#### 3.4.1 Подготовка монтажной площадки

До начала монтажа должны быть выполнены следующие работы:

1. Сооружено и принято основание под резервуар и под шахтную лестницу, оформлены акты на скрытые работы по подготовке и устройству насыпной подушки, а также гидроизолирующего слоя под резервуар.
2. Устроены временные проезды к основанию резервуара.
3. Спланирована кольцевая площадка вокруг основания для работы крана и других строительных механизмов. Кольцевая площадка должна быть уплотнена до состояния, при котором она выдержит давление не менее 0,6 МПа.
4. Подведена электроэнергия.
5. Уложен заглубленный трубопровод для подвода и отвода воды при гидроиспытании. В пределах монтажной площадки должны быть уложены только заглубленные трубопроводы.
6. Согласно генплану устроены площадки для общего складирования металлоконструкций и для укрупнительной сборки.
7. Устроен пандус для накатывания рулонов на основание.
8. Построены или установлены все временные здания и сооружения, необходимые для нормальной работы производственного персонала.

#### 3.4.2 Монтаж и разметка днища

Монтаж днища, состоящего из центральной рулонированной части и окраек, производят в следующем порядке. Укладывают в проектное положение окрайки, контролируя правильность их укладки с помощью



разметочного приспособления, закрепленного в центре основания. По окончании сборки кольца окراек необходимо проверить:

- а) отсутствие изломов в стыках окраек;
- б) отсутствие прогибов и выпуклостей;
- в) горизонтальность кольца окраек (рисунок 8).

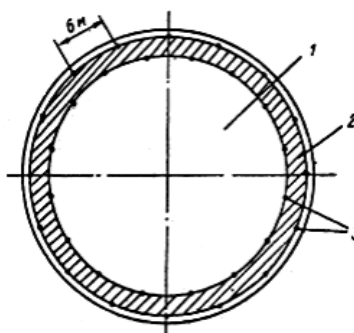


Рисунок 8 – Схема нивелировки периферийного участка основания для укладки окраек: 1 - основание резервуара; 2 - зона укладки окраек; 3 - точки, в которых замеряют высотные отметки [16]

После выверки и прихватки собранного кольца окраек приступают к сварке радиальных стыков.

Накатывают рулоны днища на основание с помощью охватывающего рулон каната, концы которого закрепляют к тракторам или тракторным лебедкам (рисунок 9).

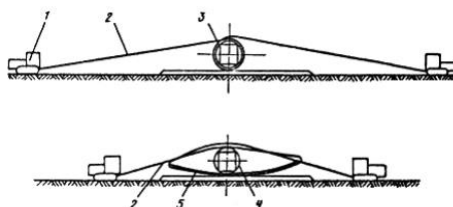


Рисунок 9 – Развертывание рулонов днища канатом, охватывающим рулон: 1 - трактор; 2 - канат, охватывающий рулон; 3 - рулон днища; 4 - каркас рулона, освобожденный от полотнища днища; 5 - развернутое полотнище днища [16]

Конструкция пандуса должна обеспечивать сохранность формы основания и бетонного кольца во время накатывания рулонов.

Развертывание рулонов днища следует производить с наименьшим перекатыванием рулонов на основании с последующим перемещением развернутых полотнищ в проектное положение, соблюдая следующую последовательность:

а) устанавливают рулон в исходное положение для развертывания и срезают удерживающие планки;

б) развернув наружное полотнище, скатывают с основания каркас с оставшимися полотнищами, а развернутое полотнище перетаскивают дальше проектного положения на 0,3-0,5 м с помощью тракторов (рисунок 10).

в) устанавливают в проектное положение центральное полотнище.

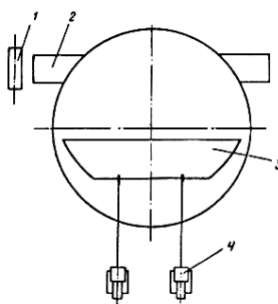


Рисунок 10 – Укладка развернутого полотнища днища в проектное положение: 1 - каркас рулона днища с оставшимися полотнищами; 2 - пандус; 3 - развернутое полотнище днища; 4 – трактор [16]

Параллельно прямолинейным кромкам полотнища наносят риски на величину нахлестки полотнищ. По этим рискам приваривают ограничительные пластины и с помощью трактора смещают промежуточные полотнища в проектное положение.

Перед сваркой днища необходимо проверить: соответствие его размеров проектным; соблюдение зазоров в нахлесточных соединениях, особенно в местах двойной нахлестки; предусмотренное проектом расположение окраек относительно средней части днища; правильность размещения и зачистку

прихваток. При наличии остаточной деформации на периферийных участках центральной части днища до установки полотнища в проектное положение необходимо выполнить их правку. Допускается разворачивание одного полотнища днища на другом, а также полотнищ днища вне основания. Перемещение развернутых полотнищ в проектное положение производят трактором (тракторной лебедкой).

По окончании монтажа и сварки днища необходимо зафиксировать центр резервуара приваркой шайбы и нанести оси резервуара. В центре днища закрепляют разметочное приспособление, обеспечивающее точность кольцевой разметки.

На днище резервуаров без плавающей крыши или понтона наносят кольцевые риски:

а) установки ограничительных уголков (по наружному радиусу резервуара).

б) контроля вертикальности стенки (на 200 мм меньше внутреннего радиуса резервуара);

в) установки опорной плиты под монтажную стойку;

г) контроля вертикальности монтажной стойки (величину радиуса риски определяют в зависимости от диаметра центрального щита покрытия).

### 3.4.3 Подъем рулона стенки в вертикальное положение

Подъем рулонов рекомендуется производить краном с поворотом вокруг шарнира. Перед подъемом рулонов стенки любым способом необходимо произвести следующие подготовительные работы:

а) шарнир для подъема установить таким образом, чтобы поднятый рулон занял исходное положение для начала разворачивания;

б) краном уложить рулон на ложе шарнира. Приподняв нижний конец рулона, подвести под него шарнир и закрепить рулон к ложу шарнира с помощью крепежного устройства. Верхний конец рулона опирается на клеть

из шпал высотой 300-500 мм, располагаемую под вторым кольцом каркаса, считая от торца рулона;

в) на первый рулон стенки рядом с вертикальной кромкой на расстоянии приблизительно 800 мм закрепить трубу жесткости с тремя расчалками, придающую жесткость начальной кромке полотнища при разворачивании;

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

д) проверить перпендикулярность осей рулона и шарнира. Ось рулона, тяговый и тормозной канаты должны находиться в одной вертикальной плоскости. Кроме этого, произвести проверку такелажной оснастки путем пробного подъема рулона на 100-200 мм с выдержкой в течение 10 мин. При этом тщательно проверить состояние всей такелажной оснастки.

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

Подъем рулонов стенки следует осуществлять с помощью крана, перемещающегося в процессе подъема (рисунок 11). Строповку осуществляют с помощью захвата, устанавливаемого на верхней кромке рулона, и каната, закрепленного к шарниру. Кроме того, к захвату крепят тормозной канат.

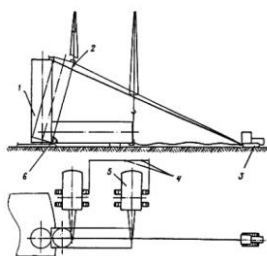


Рисунок 11 – Подъем рулона стенки краном, перемещающимся в процессе подъема: 1 - рулон стенки; 2 - захват для подъема рулона; 3 - тормозной трактор; 4 - колышки, определяющие этапы перемещения крана; 5 - кран; 6 - угловой сектор [16]

Подъем необходимо осуществлять попеременным чередованием двух операций: подъема рулона с одновременным контролем допустимого отклонения полиспаста крана от вертикали и перемещения крана на определенный отрезок по подготовленной площадке без изменения вылета.

Необходимо обеспечить провисание тормозного каната до достижения рулоном угла наклона на  $10-15^\circ$  меньше положения неустойчивого равновесия. При дальнейшем подъеме выбирают слабинку каната. Движение рулона при переходе его центра тяжести через ось обеспечивают за счет своевременного включения в работу тормозного трактора, что достигается контролем угла наклона рулона по угловому сектору. С помощью тормозного трактора рулон плавно опускают на днище резервуара.

#### 3.4.4 Установка центральной монтажной стойки

После завершения монтажа днища резервуара измеряют фактическую высоту его центра и на основании полученных данных уточняют высоту монтажной стойки с таким расчетом, чтобы центр покрытия расположился выше проектного положения на величину строительного подъема.

Подъем стойки в вертикальное положение рекомендуется осуществлять краном. В процессе подъема трактор подтягивает низ монтажной стойки, обеспечивая вертикальность полиспаста крана. Монтажную стойку фиксируют в центре днища с помощью специальных упоров.

В вертикальном положении стойку удерживают три-пять расчалок с талрепами. Расчалки крепят к периферийной части днища на расстоянии не менее 4,5 м от стенки резервуара таким образом, чтобы при разворачивании рулона стенки расчалки не мешали его перемещению. До закрепления расчалок к днищу понтона в местах крепления рекомендуется устанавливать железобетонные пригрузки.

Вертикальность стойки контролируют по отвесам. Оголовки монтажных стоек должны быть снабжены устройством, позволяющим плавно опускать в проектное положение смонтированное и полностью сваренное покрытие.

### 3.4.5 Развертывание рулона стенки

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

Развертывание рулона (рисунок 12) производят трактором с помощью каната и тяговой скобы, привариваемой к рулону на высоте до 1000 м.

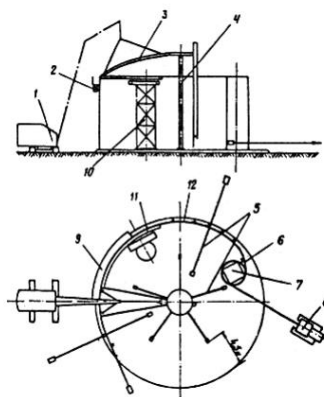


Рисунок 12 – Схема развертывания рулона стенки, установки элементов опорного кольца и кольца жесткости, щитов покрытия: 1 - кран; 2 - навесные леса; 3 - щит покрытия; 4 - монтажная стойка; 5 - расчалки; 6 - клиновой упор; 7 - рулон стенки; 8 - трактор; 9 - кольцо жесткости; 10 - стойка для монтажа опорного кольца; 11 - опорное кольцо; 12 - развернутая часть полотнища стенки

При развертывании рулона стенки соблюдают такую последовательность:

- а) приваривают тяговую скобу в первое положение;
- б) срезают удерживающие планки;
- в) развернув часть полотнища и не ослабляя натяжение каната, устанавливают клиновой упор между рулоном и развернутой частью полотнища;

г) ослабляют натяжение каната тяговой скобы до прижатия рулона к клиновому упору и погашения упругих деформаций полотнища;

д) приваривают вторую тяговую скобу с канатом, снимают первую скобу и продолжают разворачивание рулона.

По мере разворачивания рулонов полотнище стенки прижимают к ограничительным уголкам, прихватывают и приваривают к днищу резервуара. На всех этапах разворачивания рулона необходимо обеспечить исключаящее работу на излом положение сварного шва крепления тяговой скобы к рулону. Разворачивание очередного участка полотнища необходимо прекратить, когда опорная пластина тяговой скобы расположится по направлению тягового каната. Концы полотнища на участке длиной 3 м от вертикальных кромок к днищу не прихватывают.

На верхних поясах стенки резервуара, не закрепленных элементами опорных колец, кольцевых площадок или щитами покрытия, должны быть установлены расчалки, предохраняющие стенку от потери устойчивости под действием ветровой нагрузки.

Перед замыканием монтажных стыков развернутых полотнищ стенки производят формообразование концов полотнищ, имеющих значительные остаточные деформации от рулонирования. Как правило, формообразуют концы полотнищ стенки толщиной 8 мм и более. Формообразование производят трактором с помощью специального приспособления.

При формообразовании полотнища по всей высоте применяют специальное приспособление, изготовляемое из каркаса рулона с приваренными к нему (по всей высоте) гибочными секторами (рисунок 13).

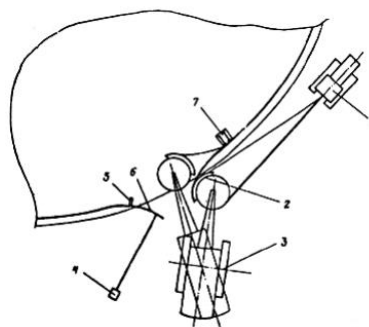


Рисунок 13 – Формообразование полотнища стенки по высоте: 1 - тяговый трактор; 2 - приспособление для формообразования; 3 - кран; 4 - инвентарный якорь; 5 - упор; 6 - формообразованный участок полотнища; 7 - стойка-упор [16]

Формообразование считают законченным, когда концы полотнища будут иметь кривизну близкую к проектной.

При формообразовании концы полотнищ на длине 3 м не должны иметь элементов опорного кольца или кольцевой площадки.

После формообразования срезают фаску и окончательно собирают стык установкой зазора и наложением прихваток. Для этой цели применяют приспособление, обеспечивающее вывод стыкуемых участков полотнищ в вертикальное положение (рисунок 14).

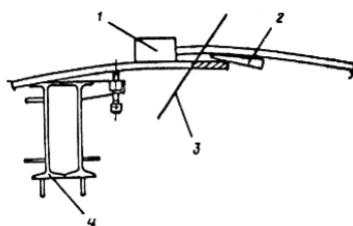


Рисунок 14 – Замыкание вертикального монтажного стыка: 1 - ограничительная пластина; 2 - клин; 3 - ось вертикального монтажного стыка; 4 - приспособление для замыканий [16]



По окончании сварки снимают все монтажные приспособления с полотнища стенки в зоне стыка, следы сварки зачищают, вырезы подваривают и зачищают абразивными кругами.

#### 3.4.6 Установка опорных колец и колец жесткости

Элементы опорного кольца и кольца жесткости устанавливают по мере разворачивания полотнища стенки. Предварительно верх стенки в соответствующем месте с помощью расчалок и переносной скобы выводят в проектное положение.

До монтажа кривизну элементов опорного кольца и кольца жесткости проверяют по риске наружного диаметра резервуара, проведенной на днище. В зависимости от конструкции опорного кольца допускается монтаж его элементов укрупненными блоками.

Перед установкой элемента опорного кольца в проектное положение к нему закрепляют ловители и краном навешивают элемент на стенку резервуара. Элемент опорного кольца, прихваченный к стенке резервуара, приводят с помощью расчалок к проектному положению, определяемому с помощью отвеса по риске контроля вертикальности стенки резервуара, проведенной на днище. Отвесы оставляют до конца монтажа.

После установки последующих элементов, прихватки и приварки их к стенке проверяют вертикальность стенки по отвесам и только тогда производят сварку элементов между собой. Установку элементов кольца жесткости ведут аналогично установке элементов опорного кольца.

Если резервуар имеет промежуточные кольца жесткости по высоте стенки, то монтаж элементов этих колец должен опережать монтаж верхнего кольца жесткости (опорного кольца) на 5-7 м.

Элементы промежуточного кольца жесткости краном устанавливают на опорные кронштейны, ранее закрепленные к стенке. Для монтажа элементов опорных колец и колец жесткости рекомендуется применять вертикальные самоходные подъемники.

### 3.4.7 Сборка и установка покрытия

Высота монтажной стойки выбирается с учетом строительного подъема и уклона днища. Перед началом монтажа покрытия любого типа необходимо проверить соосность вертикальных пластин центрального опорного щита (до установки его на монтажную стойку) и пластин, приваренных к балкам щитов. Установку щитов рекомендуется производить по мере разворачивания полотнищ стенки, при этом необходимо тщательно следить за вертикальностью центральной монтажной стойки.

Первым укладывают начальный щит, имеющий две несущие балки; затем промежуточные щиты, имеющие по одной несущей балке, и в последнюю очередь, укладывают замыкающий щит, не имеющий несущих балок. Первый щит покрытия устанавливают по разметке.

Все плоские щиты сначала опускают вершиной на центральную стойку, после закрепления вершины щита болтами опускают основание щита с ловителями на стенку резервуара. Щиты прихватывают к стенке резервуара и друг к другу.

Перед укладкой замыкающего щита покрытия демонтируют выступающую часть лестницы монтажной стойки.

После завершения всех монтажных и сварочных работ на покрытии с монтажной стойки снимают нагрузку, плавно опуская покрытие в проектное положение. В процессе опускания покрытия необходимо контролировать величину просадки, которая должна соответствовать указанию проекта. Опустив покрытие в проектное положение, в течение 2-3 ч следят за его состоянием. Если деформаций покрытия не происходит, демонтируют стойку.

### 3.5 Контроль качества сварных соединений

Контроль сварных соединений, согласно ВСН 311-89 [16], на монтаже включает следующие этапы:

- а) наружный осмотр;

- б) испытание на герметичность керосином или вакуум-камерой;
- в) просвечивание.

Наружному осмотру для выявления возможных дефектов подвергают все сварные швы резервуара. Осмотр производят невооруженным глазом и в сомнительных случаях через лупу 7-10-кратного увеличения для выявления в сварных соединениях возможных дефектов, в том числе:

- а) трещин, выходящих на поверхность шва или расположенных в зоне термического влияния;
- б) наплывов или подрезов в местах перехода от шва к основному металлу;
- в) ноздреватости и пористости наружной поверхности шва;
- г) смещения шва от оси стыка;
- д) неравномерности ширины и высоты усиления шва. Контроль размеров сварного шва и выявленных дефектов производят измерительным инструментом, имеющим точность измерения  $\pm 0,1$  мм, или специальными шаблонами.

По внешнему виду сварные швы должны удовлетворять следующим требованиям:

- а) иметь гладкую или равномерно-чешуйчатую поверхность (без наплывов, прожогов, сужений и перерывов) и не иметь резкого перехода к основному металлу;
- б) наплавленный металл должен быть плотным по всей длине шва, не иметь трещин и дефектов;
- в) подрезы основного металла на поперечных швах не допускаются. На продольных швах подрезы основного металла допускаются глубиной не более 0,5 мм при толщине стали до 10 мм и не более 1 мм при толщине стали свыше 10 мм;
- г) отклонение оси шва от оси стыка - не более 1,0 мм;
- д) все кратеры должны быть заварены.

Днища резервуаров проверяют вакуум-камерой, смазывая участки швов длиной не более 1 м мыльным раствором при положительных температурах и

раствором лакричного корня с солью хлористого натрия или хлористого кальция при отрицательных температурах (15 г концентрированного раствора лакричного экстракта на 1 л водного раствора хлористой соли). Разрежение в камере должно быть не менее 0,067 МПа (500 мм рт. ст.) для сварных соединений листов толщиной 4 мм и не менее 0,08 МПа (600 мм рт. ст.) для соединений листов большей толщины. Появление пузырей указывает на наличие неплотностей.

Сварное соединение стенки с дном проверяют керосином (обрызгивая наружный шов) или вакуум-камерой. Для ускорения проверки можно смачивать швы керосином, подогретым до 60-70 °С.

Швы покрытия резервуаров проверяют на герметичность вакуум-камерой или созданием избыточного давления в момент гидравлического испытания. Обнаруженные дефекты в сварных соединениях отмечают мелом или краской и исправляют подваркой без вырубки шва (избыточное давление должно быть снято). Зачеканка дефектных мест запрещается.

Просвечиванию подвергают сварные стыковые швы вертикальных монтажных стыков стенок резервуаров объемом только от 2000 до 50000 м<sup>3</sup> по всей их протяженности, в нашем случае радиографический контроль не применяется.

#### **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность замены ручной дуговой сварки на механизированную сварку в среде защитных газов при монтажных работах по сборке и сварке резервуара РВС 1000 м<sup>3</sup>.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить потенциальных потребителей результатов технического проектирования;
- провести расчет норм времени на сварку;
- рассчитать смету проекта.

##### **4.1 Потенциальные потребители результатов разработки технологии**

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка технологии сборки и сварки резервуара объемом 1000 м<sup>3</sup>». Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники компаний связанных с транспортировкой, хранением, переработкой и добычей темных и светлых нефтепродуктов.

Суть работы заключается в замене текущей технологии монтажа резервуара РВС 1000 ручной дуговой сварки на более производительный способ механизированной сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения.

Сегментируем рынок потребления продукции в зависимости от отрасли, размера компании. Карта представлена в таблице 8.

В продукции заинтересованы нефтяная отрасль, аэропорты, военный комплекс, пищевая промышленность, химический сектор.

Таблица 8 – Карта сегментирования по отраслям промышленности

Параметр		Отрасль				
		Нефтяная	Химическая	Транспортная	Военная	Пищевая
Размер компании	Крупные					
	Средние					
	Мелкие					
Уровень потребления продукции	Высокий					
	Средний					
	Низкий					

Из таблицы 8 видно, что основными сегментами являются крупные и средние компании нефтяной и транспортной отраслей с высоким уровнем использования на территории своих объектов. Следовательно, эти компании являются наиболее заинтересованными в результатах исследования.

## 4.2 Расчет 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 Гитлевица [17]. Рассчитаем основное время для каждого типа соединения (таблица 9).

Таблица 9 – Основное время для сварки в среде защитных газах и ручной дуговой сварки (на один стык)

Исходные данные	Сравниваемые способы	
	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная в защитном газе
Скорость сварки, м/ч	6	17,4

Определение основного времени на сварку производится по формуле:

$$t_0 = \sum \frac{60}{V_{cg}}, \quad (33)$$

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

Подставляем значения в формулу (33) и получаем для РДС:

$$t_{01} = \frac{60}{6} = 10 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (33) и получаем для механизированной сварки:

$$t_{01} = \frac{60}{17,4} = 3,5 \text{ мин.}$$

Разница во времени основной сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 6,5 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 65 %.

Необходимые данные для расчета значений времени  $t_{в.ш}$ ,  $t_{в.из}$ , а также коэффициента  $k_{об}$  [18] (таблица 10).

Таблица 10 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Элементы работы	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
Зачистка свариваемых кромок от налета и ржавчины перед сваркой	0,3	0,3
Зачистка сварного шва от окисных пленок	-	0,3
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла	0,7	0,4
Осмотр и промер шва	0,37	0,3
Смена электродов	0,25	-
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассет. Подача проволоки в головку автомата	-	0,1
Подтягивание проводов	-	0,25
Зачистка шва от шлака после выполнения каждого прохода	0,6	-
Возврат сварщика в исходное положение	-	0,15
Откусывание огарков проволоки	-	0,1
Итого	2,2	1,9

Разница во вспомогательном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 0,3 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 14 %.

Расчетные данные для вспомогательного времени, связанного с изделием и работой оборудования представлено в таблице 11.

Таблица 11 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Элементы работы	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
Установка полуавтомата в начале шва, возврат, отключение	-	2,7
Установка, снятие и транспортировка изделия	4	4
Закрепление, открепление	-	0,5
Перемещения сварщика в исходное положение	0,2	-
Клеймение шва	0,21	0,21
Итого	4,41	7,41

Разница во вспомогательном времени, связанном с изделием и работой оборудования между РДС и механизированной сваркой, составляет 3 мин, что в процентном соотношении дает увеличение времени на 40 %.

Расчетные данные для подготовительно-заключительного времени, представлено в таблице 12.

Таблица 12 – Подготовительно-заключительное время для механизированной сварка и РД сварки

№ п/п	Содержание работы	Вид сварки	Сложность работы	
			простая	сложн.
		Время на партию, мин		
1	Получение производственного задания, документации, инструктажа мастера, получение инструмента	автоматическая	4,0	6,0
2	Ознакомление с работой	автоматическая	3,0	5,0
		ручная	2,0	4,0
3	Подготовка к работе баллона с газом, подключение и продувка шлангов	автоматическая	4,0	4,0



Продолжение таблицы 12

4	Установка, настройка и проверка режимов сварки	автоматическая	3,0	3,0
		ручная	1,0	1,0
5	Подготовка рабочего места и приспособление к работе	автоматическая	4,0	7,0
		ручная	2,0	4,0
6	Сдача работы	автоматическая	2,0	3,0
		ручная	2,0	3,0

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

Для РДС  $t_{н.з} = 4 + 2 + 0 + 1 + 2 + 2 = 11$  мин.

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

Расчетные данные для штучного времени, представлено в таблице 13.

Таблица 13 – Определим штучное время

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$t_0$ – основное время на сварку, мин/м	10	3,5
$t_{в.ш.}$ – вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог.м шва в мин	2,22	1,9
$l$ – общая длина швов	110	
$t_{в.и.}$ – вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования	4,41	7,41
$k_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности	1,1	1,12

Определение штучного времени сварки производится по формуле:

$$T_{шт} = [(t_0 + t_{в.ш.}) \cdot l + t_{в.и.}] \cdot K_{об}, \quad (34)$$

где  $t_0$  – основное время на сварку одного погонного метра шва, мин/м;

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

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

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

$k_{\text{об}}$  - коэффициент, учитывающий время обслуживания рабочего места и время на отдых и личные надобности (на полуавтоматическую – 1,12; на ручную – 1,10);

Подставляем значения в формулу (34) и получаем для РДС:

$$T_{\text{шт}_1} = [(10 + 2,22) \cdot 110 + 4,41] \cdot 1,1 = 1481 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (34) и получаем для механизированной сварки:

$$T_{\text{шт}_1} = [(3,5 + 1,9) \cdot 110 + 7,41] \cdot 1,12 = 674 \text{ мин.}$$

Разница в штучном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 807 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 55 %.

Расчетные данные для определения количества свариваемых резервуаров за смену, представлено в таблице 14.

Таблица 14 – Количество свариваемых резервуаров за смену

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$T_{\text{см}}$ – продолжительность одной рабочей смены	8	8
$T_{\text{шт}}$ – штучное время, мин	1481	674

Определение количества смен производится по формуле:

$$n = \frac{T_{\text{шт}}}{T_{\text{см}} \times 60}, \quad (35)$$

где  $T_{\text{см}}$  - продолжительность одной рабочей смены, ч;

$T_{\text{шт}}$  – штучное время, мин.

Подставляем значения в формулу (35) и получаем для РДС:

$$n = \frac{1481}{8 \times 60} \approx 3 \text{ смены}.$$

Подставляем значения в формулу (35) и получаем для механизированной сварки:

$$n = \frac{674}{8 \times 60} \approx 1,4 \text{ смены}.$$

Разница в количестве смен между РДС и механизированной сваркой 1,6 смены, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 53 %.

Расчетные данные для определения штучно – калькуляционного времени, представлено в таблице 15.

Таблица 15 – Штучно – калькуляционное время

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$T_{шт}$ – штучное время	1481	674
$t_{пз}$ – подготовительно – заключительное время	13	20
n – количество смен	3	1,4

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

$$T_{ук} = T_{шт} + t_{п.з.} \cdot n, \quad (36)$$

где  $T_{шт}$  – штучное время, мин;

$t_{п.з.}$  – подготовительно заключительное время;

n – количество смен.

Подставляем значения в формулу (36) и получаем для РДС:

$$T_{ук} = 1481 + 13 \cdot 3 = 1520 \text{ мин.}$$

Подставляем значения в формулу (36) и получаем для механизированной сварки:

$$T_{ук} = 674 + 20 \cdot 1,4 = 702 \text{ мин.}$$

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС и механизированной сваркой, составляет 818 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 54 %.

Расчетные данные для определения массы наплавленного металла, представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
F – площадь наплавленного металла, мм <sup>2</sup>	35	32
l – длина шва, м	110	
γ - плотность наплавляемого металла	7,8	7,8

Определение массы наплавленного металла шва производится по формуле:

$$G_n = F \cdot l \cdot \gamma, \quad (37)$$

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

l – длина шва, м;

γ - плотность наплавляемого металла.

Подставляем значения в формулу (37) и получаем для РДС:

$$G_n = 35 \times 110 \times 7,8 = 30 \text{ кг}.$$

Подставляем значения в формулу (37) и получаем для механизированной сварки:

$$G_n = 32 \times 110 \times 7,8 = 27,5 \text{ кг}.$$

Разница массе наплавленного металла между РДС и механизированной сваркой отсутствует, составляет 2,5 кг, что в процентном соотношении дает уменьшение веса на 8 %.

### 4.3 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 [18].

Текущие затраты на сварочные работы состоят из следующих пунктов:

- сварочные материалы;
- защитный газ;
- основная зарплата;
- социальные цели;
- электроэнергия;
- ремонт оборудования.

#### 4.3.1 Затраты на сварочные материалы

Основные данные по затратам на сварочные материалы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$g_{nm}$ - масса наплавленного металла, кг/изд	30	27,5
$k_n$ - коэффициент, учитывающий отношение веса проволоки к весу наплавленного металла	1,6	1,08
$C_{cm}$ – цена Электродов ОК 46.00, руб/кг сварочной проволоки Св-08Г2С, руб/кг	197	128

Определение затрат на сварочные материалы производится по формуле:

$$C_{cm} = g_{nm} \cdot k_n \cdot C_{cm}, \quad (38)$$

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

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

$\Pi_{см}$  – цена электродов/ электродной проволоки, руб/кг.

Подставляем значения в формулу (38) и получаем для РДС:

$$C_{см} = 30 \times 197 \times 1,6 = 9456 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (38) и получаем для механизированной сварки:

$$C_{см} = 27,5 \times 128 \times 1,08 = 3802 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на сварочные материалы между РДС и механизированной сваркой, составляет 5654 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 60 %.

#### 4.3.2 Затраты на защитный газ

Основные данные по затратам на защитный газ представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Затраты на защитный газ

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	Ручная дуговая покрытыми электродами	Механизированная сварка
$g_{газ}$ - норма расхода газа, л/мин	-	15
$t_0$ - основное время на сварку, мин/м	-	3,5
$l$ - длина сварного шва, м/издел	-	110
$\Pi_{газ}$ - цена за единицу газа руб/л	-	0,38

Определение затрат на защитный газ производится по формуле:

$$C_{газ} = g_{газ} \cdot t_0 \cdot l \cdot \Pi_{газ}, \quad (39)$$

где  $g_{газ}$  - норма расхода газа, л/мин;

$t_0$  - основное время на сварку, мин/м;

$l$  - длина сварного шва, м/издел;

$C_{газ}$  - цена за единицу газа руб/л.

Подставляем значения в формулу (39) и получаем для автоматической сварки:

$$C_{газ} = 15 \times 0,38 \times 3,5 \times 110 = 2195 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на защитный газ между РДС и механизированной сваркой, составляет 2195 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 100 %, т.к. при РДС защитный газ не применяется.

#### 4.3.3 Затраты на заработанную плату рабочих

Основные данные по затратам на заработную плату рабочим представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$C_{мз}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий	60000	60000
$F_{мр}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц $F_{мр} \approx 172$ часов/месяц	172	172
$t_{шк}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	1520	702

Определение затрат на заработанную плату рабочих производится по формуле:

$$C_3 = \frac{C_{мз} \cdot t_{шк}}{F_{мр} \cdot 60}, \quad (40)$$

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

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

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

Подставляем значения в формулу (40) и получаем для РДС:

$$C_3 = \frac{60000 \times 1520}{172 \times 60} = 8837 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (40) и получаем для механизированной сварки:

$$C_3 = \frac{60000 \times 702}{172 \times 60} = 4081 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на заработанную плату рабочих между РДС и механизированной сваркой, составляет 4756 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 54 %.

#### 4.3.4 Затраты на отчисления во внебюджетные фонды

Основные данные по затратам на отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$k_{отч}$ – процент отчислений во внебюджетные фонды от основной и дополнительной заработной платы	30,2 %	30,2 %
$C_3$ – Затраты на заработанную плату рабочих	8837	4081

Определение затрат на отчисления во внебюджетные фонды производится по формуле:

$$C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100}, \quad (41)$$

где  $k_{отч}$  – процент отчислений во внебюджетные фонды от основной и дополнительной заработной платы;

$C_3$  – затраты на заработанную плату рабочих.

Подставляем значения в формулу (40) и получаем для РДС:



$$C_{отч} = \frac{30 \times 8837}{100} = 2651 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (41) и получаем для механизированной сварки:

$$C_{отч} = \frac{30 \times 4081}{100} = 1224 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на отчисления во внебюджетные фонды между РДС и механизированной сваркой, составляет 1427 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 54 %.

#### 4.3.5 Затраты на электроэнергию

Основные данные по затратам на электроэнергию представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$U$ – напряжение, В	24	29
$I$ – сила тока, А	100	200
$t_o$ – основное время сварки, мин/м	10	3,5
$l$ – длина сварного шва, м/изд	110	
$\eta$ – коэффициент полезного действия источника питания	0,8	0,85
$\Pi_{эл}$ – стоимость 1 квт-ч электроэнергии, руб	5,8	5,8

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_{эм} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{эл}, \quad (42)$$

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;

$\Pi_{эл}$  – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии, руб.

Подставляем значения в формулу (42) и получаем для РДС:

$$C_{эм} = \frac{24 \cdot 100 \cdot 10 \cdot 110 \cdot 5,8}{0,8 \cdot 60 \cdot 1000} = 319 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (42) и получаем для механизированной сварки:

$$C_{эм} = \frac{29 \cdot 200 \cdot 3,5 \cdot 110 \cdot 5,8}{0,85 \cdot 60 \cdot 1000} = 254 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между РДС и механизированной сваркой, составляет 65 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 20 %.

#### 4.3.6 Затраты на ремонт оборудования

Основные данные по затратам на ремонт оборудования представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	РДС	Механизированная сварка
$\Pi_j$ – цена оборудования, руб Сварог ARC 315 Kemppi Fast MIG KMS 500	65590	293300
$k_{рем}$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25
$t_{штк}$ – штучно– калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	1520	702
$F_{ГО}$ – годовой фонд времени работы оборудования, ч (в 2020 при 8 часовом р. д.)	1984	1984
$k_3$ – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n \Pi_j \cdot k_{\text{рем}} \cdot t_{\text{шк}}}{F_{\text{ГО}} \cdot k_3 \cdot 60}, \quad (43)$$

где  $\Pi_j$  – цена оборудования соответствующего вида;

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

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

$F_{\text{ГО}}$  – годового фонд времени работы оборудования, ч;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования.

Подставляем значения в формулу (43) и получаем для РДС:

$$C_p = \frac{65590 \cdot 0,25 \cdot 1520}{1984 \cdot 0,8 \cdot 60} = 262 \text{ руб.}$$

Подставляем значения в формулу (43) и получаем для механизированной сварки:

$$C_p = \frac{293300 \cdot 0,25 \cdot 702}{1984 \cdot 0,8 \cdot 60} = 541 \text{ руб.}$$

Разница в затратах на электроэнергию между РДС и механизированной сваркой, составляет 279 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 52 %.

#### 4.3.7 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва

Основные данные по текущим затратам представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Результаты расчетов

Наименование	РДС	Механизированная сварка	Разница (1)–(2)
1. Сварочные материалы	9456	3802	5654
2. Защитный газ	-	2195	-2195
3. Основная зарплата	8837	4081	4756
4. Внебюджетные фонды	2651	1224	1427
5. Электроэнергия	319	254	65
6. Ремонт	262	541	-279
Итого	21525	12097	9428

По результатам расчетов разница в общих затратах на изготовление одного изделия между РДС и механизированной сваркой, составляет 9428 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 44 %.

Проведен технико–экономический анализ процесса сварки резервуара РВС 1000 ручной дуговой сваркой и механизированной сваркой в среде защитного газа.

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между РДС (1520 мин) и механизированной сваркой (702 мин), составляет 818 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 54 %.

Стоимость изготовления монтажных швов механизированной сваркой в среде защитного газа составляет 12097 руб, что дешевле на 9428 руб, чем при текущей технологии ручной дуговой сварки, в процентном соотношении позволяет снизить затраты на 44 %.

Можно сделать вывод, что применение механизированной сварки в среде защитных газов экономически оправдано.

## **5 Социальная ответственность**

Рабочее место расположено на открытом воздухе. Резервуар располагается на ЦППН на территории города Томска. В районе водосбора реки Томь. Местность заболоченная, равнинная. Климат умеренный.

Проводился монтаж РВС-1000. В качестве способа сварки применяется механизированная сварка в среде защитных газов.

Оборудование: сварочный полуавтомат Kemppi Fast MIG KMS 500.

В этом разделе приводится анализ технологического процесса монтажа РВС-1000 с точки зрения наличия или возможного появления опасных и вредных факторов, а также воздействия их на работающих.

Разработаны мероприятия по технике безопасности (ТБ) и производственной санитарии, направленные на снижение или устранение опасных факторов.

Разработаны мероприятия по противопожарной профилактике, охране окружающей среды и чрезвычайным ситуациям.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Требования промышленной безопасности должны соблюдаться согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и Постановлению Правительства РФ «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах».

Нефтебазы входят в состав опасных производственных объектов и подлежат регистрации в государственном реестре в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Эксплуатация, надзор, ревизия и ремонт технологических трубопроводов должны производиться в соответствии с инструкцией, разработанной на основе требований ПБ 03-585-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов».

При эксплуатации резервуаров и резервуарных парков возможно наличие следующих опасных и вредных производственных факторов:

- образование взрывоопасной среды;
- загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень статического электричества;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- выполнение работ на высоте;
- повышенная или пониженная подвижность воздуха;
- недостаточная освещенность на рабочем месте;
- воздействие на организм человека электрического тока;
- повышенная или пониженная влажность воздуха.

Надзор за правильной эксплуатацией технологических трубопроводов ежедневно осуществляет лицо, ответственное за безопасную эксплуатацию резервуаров и трубопроводов; периодически - служба технического надзора совместно с руководством цеха и лицом, ответственным за безопасную работу резервуаров и трубопроводов, не реже одного раза в год.

Применяемая трубопроводная арматура (в том числе приобретенная по импорту) должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.2-063-2015 «Арматура промышленная трубопроводная. Общие требования безопасности» [19]. Арматура должна поставляться с эксплуатационной документацией, в том числе с паспортом, техническим описанием и инструкцией по эксплуатации.

Эксплуатация резервуаров и технологических трубопроводов, отработавших расчетный срок службы, допускается при получении технического заключения о возможности его дальнейшей работы и разрешения в порядке, установленном нормативными документами.

## Производственная безопасность

Разрабатываемая технология сварки предполагает использование механизированной сварки в среде защитных газов с применением полуавтомата Kemppi Fast MIG KMS 500, 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.

5.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [20]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 24.

Таблица 24 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке программного модуля

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы по ГОСТ 12.0.003-2015 [20]		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Механизированная сварка в среде защитных газов 2) Работа со сварочным оборудованием	1. Неудовлетворительное освещение рабочей зоны; [2,3, 17]; 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте; [2, 17]; 3. Вредные вещества; 4. Климат 5. Укусы насекомых и животных 6. Психофизические факторы (повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, умственное перенапряжение, монотонность труда, стрессовые эмоциональные перегрузки, высокий уровень интенсивности деятельности, рабочая поза)	1. Поражение электрическим током 2. Статическое электричество 3. Термические ожоги 4. Выполнение работ на высоте 5. Работа с сосудами под давлением	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [21] СанПиН 3359-16 [22] СП 52.13330.2016 [23] СанПиН 2.2.4.548–96 [24] СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [25] ГОСТ 30494-2011 [26]

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

#### Поражение электрическим током

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 Kemppi Fast MIG KMS 500) работает от напряжения 380 В, следовательно, относиться к 1 категории опасности [27].

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 незаизолированным 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.

Меры защиты от электротравм:

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

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

#### Защита от статического электричества

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 [28].

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 [29] 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 Рекомендациями по предотвращению опасной электризации нефтепродуктов при наливке в вертикальные и горизонтальные резервуары [29].

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. 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 рабочей зоны

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

Территория резервуарного парка в темное время суток должна иметь освещение в соответствии с требованиями СНиП 23-05-95\* «Естественное и искусственное освещение» [30] и СНиП 2.11.03-93 [31]. Устройство электроосвещения должно соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок» [27].

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.

#### Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум стал фактором социального значения. 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 [25]

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

#### ПДК вредных веществ

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 17.1.3.13-86 [32]; 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.

Вредными основными веществами, выделяющимися при сварке сталей, являются: окись углерода, хром, марганец и фтористые соединения. В таблице 25 представлены классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей [32].

Таблица 25 – Классы опасностей вредных веществ выделяющихся при сварке сталей [32]

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

ПДК вредных веществ рабочем месте сварщика соответствует допустимым нормам.

#### Психофизические факторы

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

Статические и динамические физические нагрузки у сварщиков при ручной и полуавтоматической сварке вызывают перенапряжение нервной и

костно-мышечной систем организма. Статические нагрузки зависят от массы сварочного инструмента (электрододержателя, шлангового держателя полуавтомата), гибкости шлангов и проводов, длительности непрерывной работы и поддержания рабочей позы (стоя, сидя, полусидя, стоя на коленях, лежа на спине).

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

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

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

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

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

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

Рационализация санитарно-гигиенических условий.

Повышение квалификации (тренированности) работников. Высококвалифицированные рабочие обычно утомляются позже.

#### Термические ожоги

Причины опасного воздействия:

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

Последствия воздействия:

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

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

При электросварочных работах основным таким приспособлением является защитная маска, смотровое отверстие которой оснащено светофильтром, задерживающим инфракрасные и ультрафиолетовые лучи и снижающим яркость светового потока дуги. Выбор светового фильтра

производят в зависимости от мощности дуги и способа сваривания. Для защиты от ожогов кожного покрова применяют брезентовую спецодежду и рукавицы. Запрещается выполнять сварочные работы с закатанными рукавами и расстегнутым воротом. Спецодежда и обувь сварщика должны обеспечивать оптимальный теплообмен организма при работе с физическими нагрузками, эффективно защищать от брызг расплавленного металла и опасных метеофакторов, иметь оптимальные весовые характеристики, не стеснять свободу движений, отвечать эстетическим требованиям.

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

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

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

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

#### Укусы насекомых и животных

При работе на открытой местности в летнее время работники могут подвергнуться укусам кровососущих насекомых. Несмотря на то, что большинство укусов могут вызвать лишь зуд, другие могут быть чрезвычайно опасными и принести огромное количество проблем со здоровьем, если на укус сразу не обратить внимание.

Согласно, Р 3.5.2.2487-09 Руководство по медицинской дезинсекции, для предотвращения укусов насекомых рекомендуется применять защитную одежду. Защитный эффект в данном случае достигается механически. Ткань одежды должна быть достаточно плотной, либо иметь особое плетение нитей, не допускающее проникновение ротовых частей насекомого к поверхности тела человека. Разработан вариант защиты с помощью двух рубашек: нижняя



из крупноячеистого достаточно объёмного трикотажного полотна (хлопчатобумажная пряжа), верхняя – из тонкого и прочного мелкоячеистого трикотажного полотна. В данном случае реализуется известный принцип механического способа защиты человека от гнуса – создание между поверхностью одежды и телом человека пространства, превосходящего по глубине длину хоботка нападающих кровососов. Защиту головы следует осуществлять, используя головной убор типа «Накомарник» из мелкоячеистого трикотажного полотна, закрывающего лицо. Открытые части тела человека можно защищать с помощью репеллентов.

На рабочем месте сварщика защита от укусов насекомых и животных соответствует нормам

#### Климат

Работы по монтажу резервуара РВС-1000 проводятся на открытом воздухе. В зимний период времени это накладывает требования по особой организации процесса работ в соответствии с СанПиНом 2.2.3.1384-03 «Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ».

В зимнее время:

- работающие на открытой территории в холодный период года обеспечиваются комплектом средств индивидуальной защиты (СИЗ) от холода с учетом климатического региона. При этом комплект СИЗ должен иметь положительное санитарно-эпидемиологическое заключение с указанием величины его теплоизоляции.

- во избежание локального охлаждения работающих следует обеспечивать рукавицами, обувью, головными уборами применительно к конкретному климатическому региону. На рукавицы, обувь, головные уборы должны иметься положительные санитарно-эпидемиологические заключения с указанием величин их теплоизоляции.

- в целях нормализации теплового состояния работника температура воздуха в местах обогрева поддерживается на уровне 21-25°C. Помещение

следует также оборудовать устройствами, температура которых не должна быть выше 40°C (35 - 40°C), для обогрева кистей и стоп.

- продолжительность первого периода отдыха допускается ограничить 10 минутами, продолжительность каждого последующего следует увеличивать на 5 минут.

- в обеденный перерыв работник обеспечивается "горячим" питанием. Начинать работу на холоде следует не ранее, чем через 10 минут после приема "горячей" пищи (чая и др.).

- при температуре воздуха ниже - 30°C не рекомендуется планировать выполнение физической работы категории выше Па. При температуре воздуха ниже - 40°C следует предусматривать защиту лица и верхних дыхательных путей.

Мероприятия по организации процесса работы в летнее и зимнее время для защиты от воздействия климатических условий на сварщиков соответствует допустимым нормам.

#### Выполнение работ на высоте

Высота резервуара РВС-1000 составляет примерно 12 м, для обеспечения ведения работ на высоте необходимо руководствоваться Инструкцией по охране труда на высоте.

В качестве средств индивидуальной защиты персонала используются строительные каски и предохранительные пояса.

В качестве коллективной защиты применяются защитные ограждения, сигнальные ленты и специальные знаки, оповещающие о работах.

Сварщики и монтажники должны проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, и оказанию первой помощи пострадавшим на производстве, инструктаж по охране труда, проверку знаний требований охраны труда.

#### Работа с сосудами под давлением

При монтаже резервуара применяется механизированная сварка в среде защитных газов. В качестве защитного газа применяется углекислый газ. Для разделительной резки используются ацетилен и кислород.

Баллоны под давлением свыше 70 кПа в соответствии с правилами подвергаются техническому освидетельствованию (гидроиспытанию) инспектором Ростехнадзора и внутреннему осмотру до пуска в работу, периодически и досрочно.

Гидравлическое испытание проводят пробным давлением, регламентированным "правилами..." в зависимости от конструкции сосудов, рабочего давления, а также допускаемых напряжений для материалов сосудов и их элементов при температуре стенки сосуда 20° С и расчетной рабочей температуре. Баллоны на заводе изготовителе испытывают пробным гидродавлением, указанным на баллоне, а также подвергают пневматическому испытанию давлением, равным рабочему.

В период эксплуатации осуществляются следующие виды контроля:

- внутренний осмотр, не реже 1 раза в 4 года;
- гидравлическое испытание, не реже 1 раза в 8 лет;
- ежегодный осмотр сосудов в рабочем состоянии.

Перевозка баллонов от мест хранения к месту работ разрешается только на специальной тележке.

### **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.

Для снижения загрязнения атмосферы выбросами углеводородов необходимо осуществлять мероприятия по сокращению потерь нефтепродуктов, указанные в таблице 26.

Таблица 26 – Мероприятия по сокращению потерь нефтепродуктов

Наименование мероприятия	Сокращение потерь, %
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.

Сбор ТБО производится:

- в специальные контейнеры;
- на специальные площадки для крупногабаритных отходов;
- на территориях цехов;
- в иные места (помещения) для временного хранения отходов.

В контейнеры исключается попадание атмосферных осадков и запрещается раздувание отходов. На территории предприятия устраивают специальные бетонированные или асфальтированные площадки для размещения контейнеров. Площадка должна быть с водонепроницаемым покрытием. Подъезды к местам, где установлены контейнеры, должны освещаться и иметь дорожные покрытия с учетом разворота машин и выпуска стрелы подъема контейнеровоза или манипулятора. Для предотвращения засорения территории предприятия отходами устанавливаются урны емкостью не менее 10 л. У каждого входа в производственные цеха должно быть расположено не менее 1 урны. Места размещения урн на территории предприятия определяются руководством в зависимости от интенсивности использования территории.

Вывозом с территории предприятия и утилизацией ТБО занимаются специализированные компании.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Основной причиной возникновения ЧС на объекте резервуарного парка является пожар. 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.

При эксплуатации резервуаров должны соблюдаться требования пожарной безопасности, установленные ВППБ 01-03-96 [33], СНиП 2.11.03-93 [34].

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).

Оgneвые 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 [35] 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 [33].

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 [34] 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 [34].

Стационарные установки охлаждения должны быть установлены на резервуарах в соответствии с требованиями СНиП 2.11.03-93 [34] 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 (А).

В качестве средств пожаротушения на территории резервуарного парка:

- баки-дозаторы «Гобсек»
- генератор пены ГПС-2000



- пожарная вышка ПВ-10 "Феникс" У по ТУ 4854-011-54883547-11 [36]
- огнетушители воздушно-пенные ОВП-4.

В работе рассмотрены вредные и опасные факторы, которые могут возникать при монтаже РВС 1000.

Для защиты персонала от поражения электрическим током, воздействия шума, вредных выбросов и недостаточной освещенности предложены средства коллективной и индивидуальной защиты.

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

В перечень рекомендуемых средств пожаротушения входят: баки-дозаторы «Гобсек», генератор пены ГПС-2000, пожарная вышка ПВ-10 «Феникс», огнетушители воздушно-пенные ОВП-4.

Данные мероприятия позволят повысить уровень безопасности на сварочных участках монтажа РВС.

Рабочее место на сварочном участке по монтажу РВС 1000 соответствует НТД.

## **Заключение**

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была усовершенствована технология сборки и сварки резервуара РВС 1000 м<sup>3</sup> за счет замены ручной дуговой сварки на более производительный способ механизированную сварку в среде защитных газов.

В результате работы были подобраны сварочные материалы, рассчитаны режимы сварки и произведен выбор сварочного оборудования.

Разработан комплект технологической документации, включающий в себя карты эскизов и маршрутные карты с описанием последовательности сварки монтажных швов.

Проведен технико-экономический анализ процесса сборки и сварки резервуара РВС-1000 ручной дуговой сварки и механизированной сварки в среде защитных газов. Из показателей экономической оценки инвестиций можно сделать вывод, что внедрение механизированной сварки в среде защитных газов выгодно.

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

## **Список использованных источников**

1. СТО 0048-2005 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для хранения жидких продуктов. Правила проектирования.
2. ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1).
3. ГОСТ 11534-75 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1).
4. ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3).
5. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3).
6. ГОСТ 23518-79 Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
7. ГОСТ 19282-73 Сталь низколегированная толстолистовая и широкополосная универсальная. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3)
8. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник для студентов вузов.-М.: Машиностроение, 1977-432с.
9. РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04 Нормы проектирования. Стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 м<sup>3</sup>.
10. ГОСТ Р ИСО 14175-2010 Материалы сварочные. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов.
11. Реестр сварочных материалов и оборудования ПАО «АК Транснефть».
12. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия (с Изменениями N 1-5).

13. Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд-во Томского политехнического университета, 2008 - 41 с.

14. Интернет источник: <https://www.welding-russia.ru>.

15. СП 365.1325800-2017 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для хранения нефтепродуктов. Правила производства и приемки работ при монтаже.

16. ВСН 311-89 Монтаж стальных вертикальных цилиндрических резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов объемом от 100 до 50000 м<sup>3</sup> (взамен ВСН 311-81).

17. А.Д. Гитлевич и др. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах – М: Машгиз, 1962 – 427 с.

18. Грачева К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: Учебное пособие. М.: Машиностроение, 1984. - 368 с.

19. ГОСТ 12.2-063-2015 «Арматура промышленная трубопроводная. Общие требования безопасности».

20. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

21. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, 2003.

22. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

23. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение, 2016.

24. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

25. 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.

26. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.

27. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание, 2002.
28. РД 34.21.122–87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
29. СП 31–110–2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий.
30. СНиП 23-05-95\* Естественное и искусственное освещение.
31. СНиП 2.11.03-93 Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы.
32. ГОСТ 17.1.3.13-86 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.
33. ВППБ 01-03-96 Правила пожарной безопасности для предприятий АК «Транснефтепродукт».
34. СНиП 2.11.03-93 Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы.
35. ГОСТ 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний (с Поправками, с Изменением N 1).
36. ТУ 4854-011-54883547-11 Нормы пожарной безопасности. Проектирование и эксплуатация систем пожаротушения нефтепродуктов в стальных вертикальных резервуарах системы ПАО АК Транснефтепродукт».

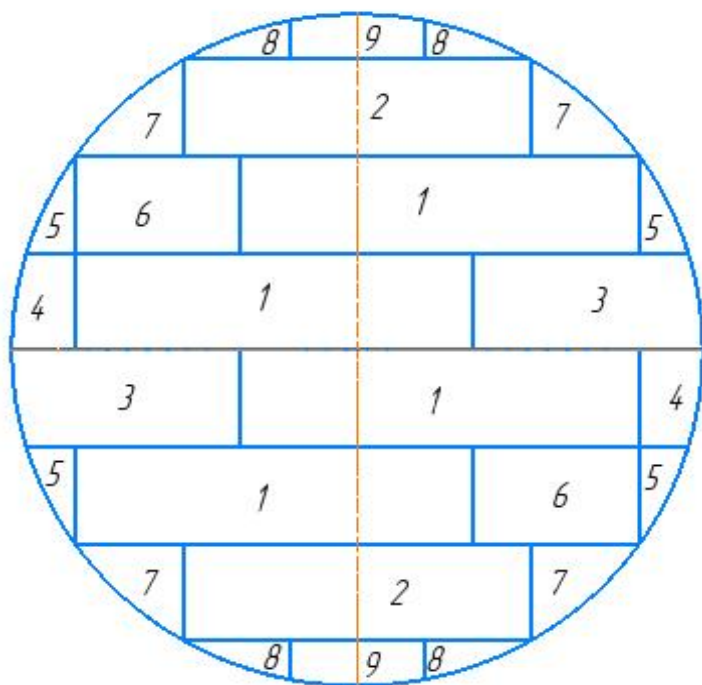
**Приложение А**  
**(обязательное)**  
**Комплект технологической документации**


8 | 1

ФЮРА 20190.0001

y			005
---	--	--	-----

8x1500x6000; 4 шм.



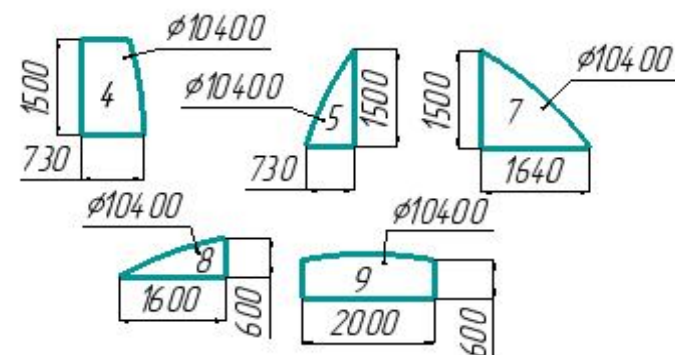
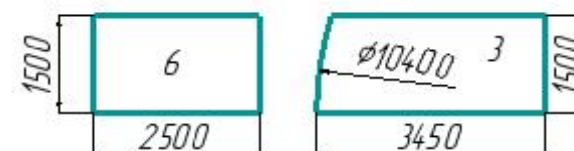
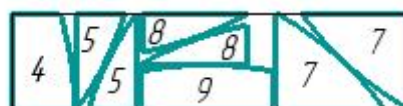
8x1500x6000; 2шт.



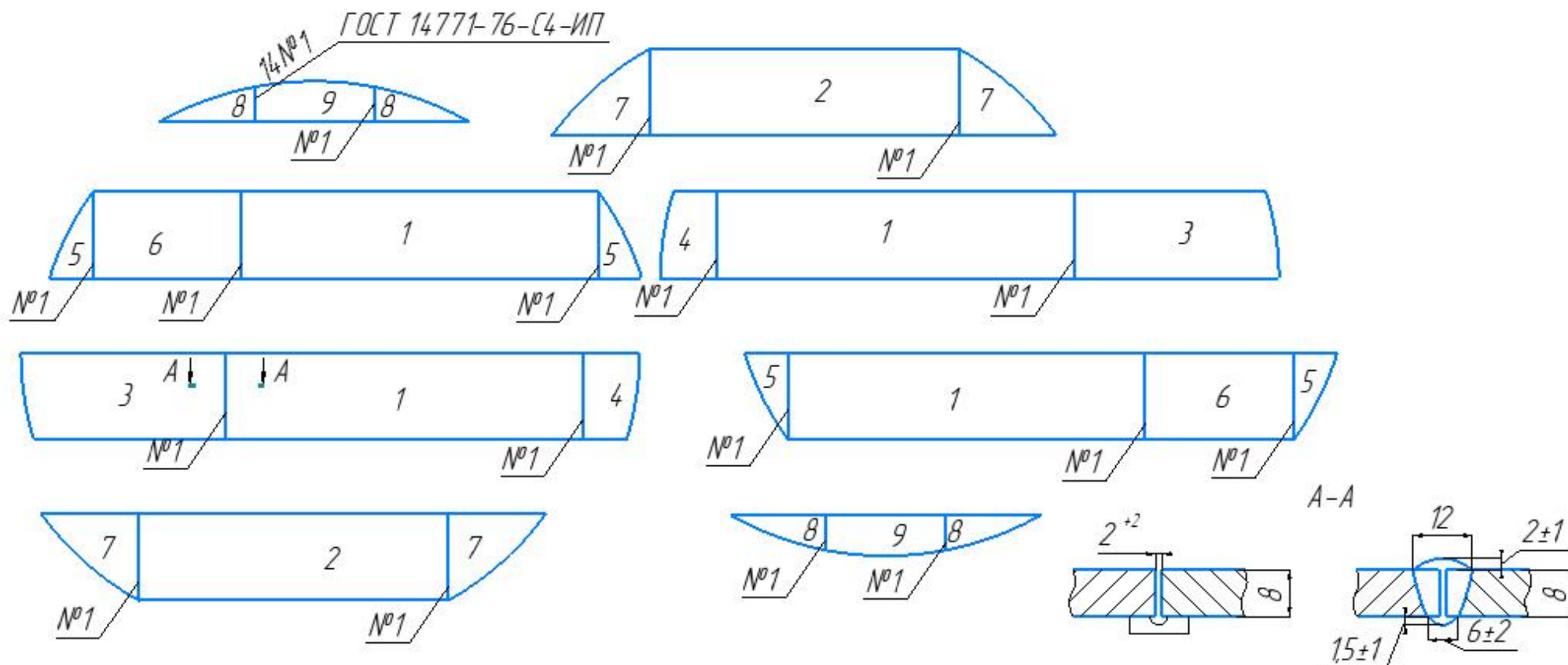
8x1500x6000; 2шт.



8x1500x6000; 2шт.



## Карта эскизов

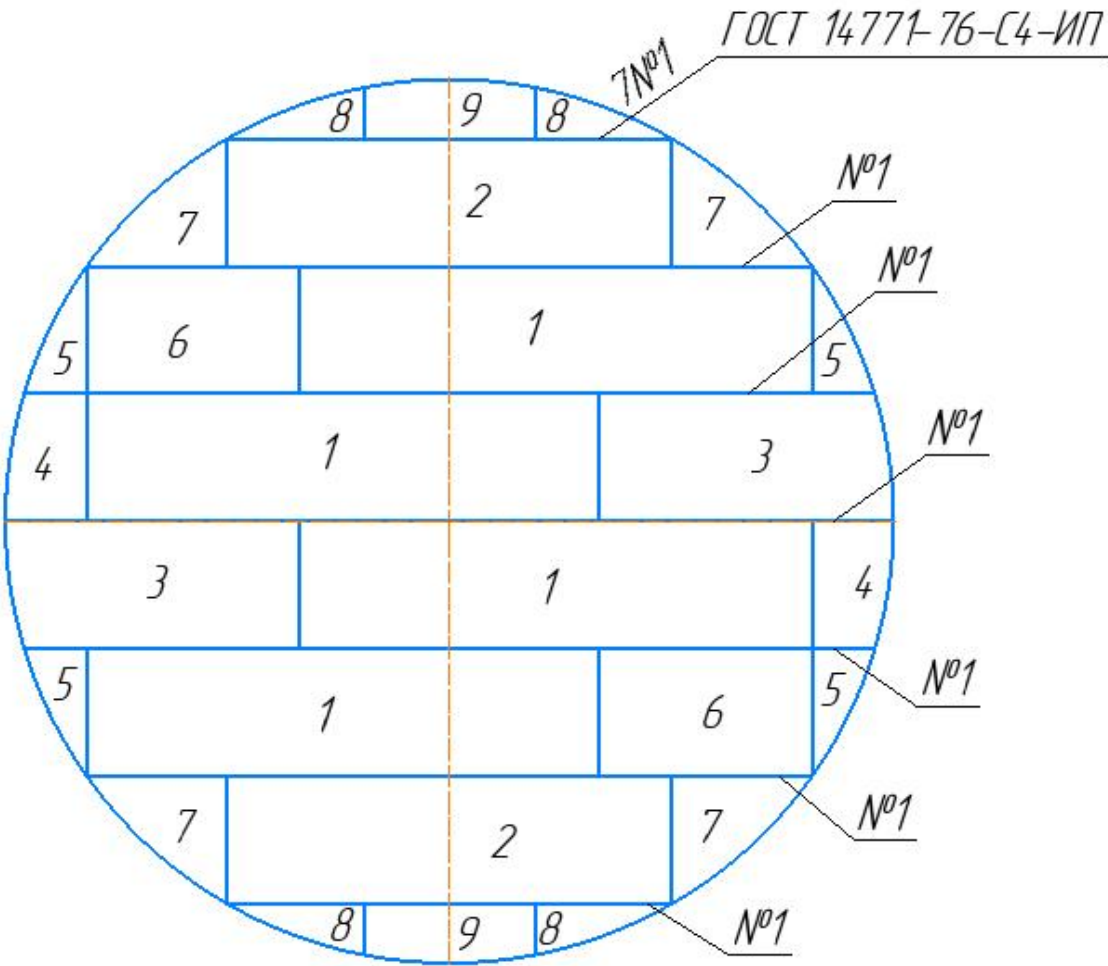




Дубл.			
Взам.			
Подл.			

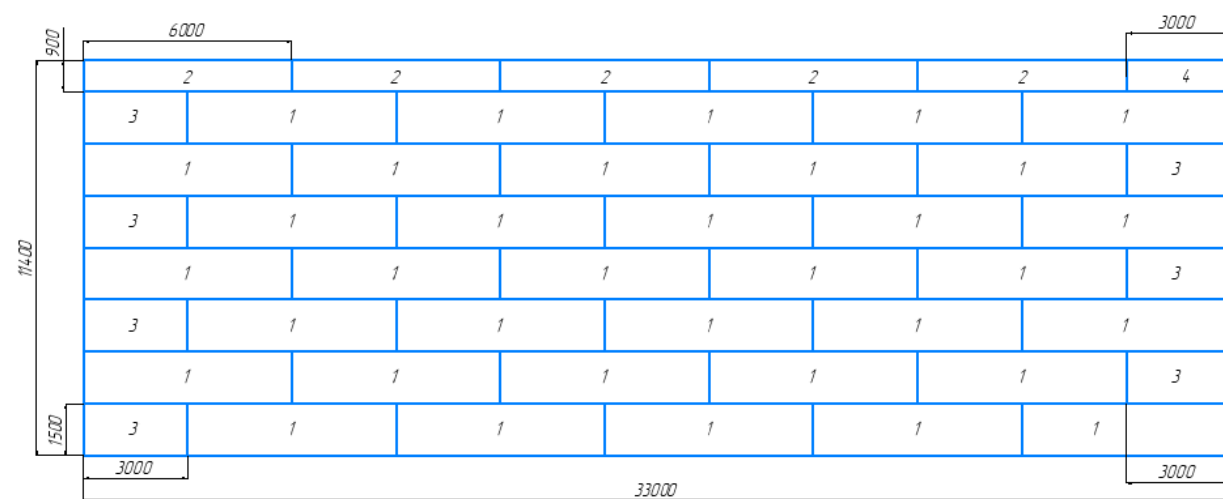
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

								ФЮРА 02190.00007	3
								ФЮРА 20190.0003	



Дубл.			
Взам.			
Подл.			


							ФЮРА 02190.00007	4
							ФЮРА 20190.0004	



8x1500x6000; 35mm.



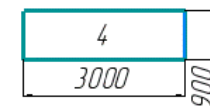
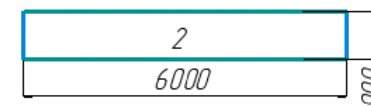
8x1500x6000; 5шт.



8x1500x6000; 3шт.



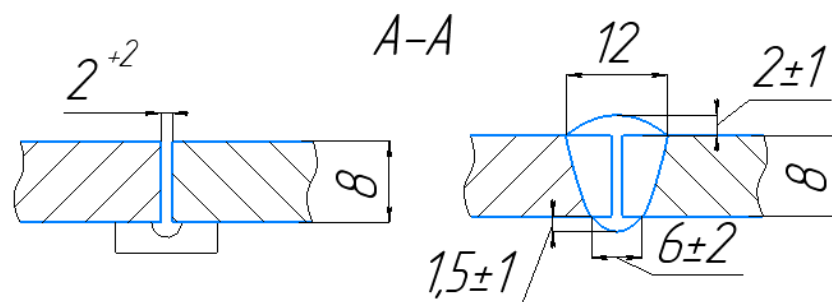
8x1500x6000; 1шт.



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

5

ФЮРА 20190.0005



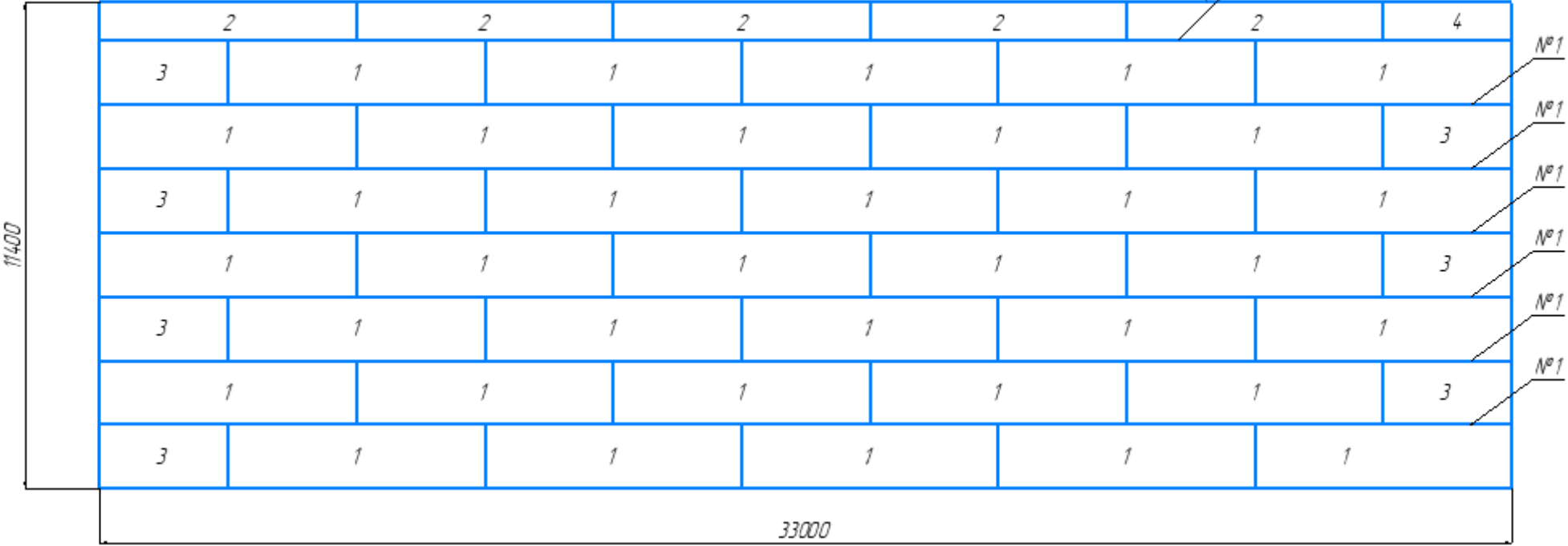
## Карта эскизов

Дубл.			
Взам.			
Подл.			


								ФЮРА 02190.00007	6
								ФЮРА 20190.0006	

ГОСТ 14771-76-С4-ВП

7№1



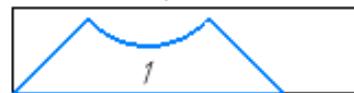
Дубл.			
Взам.			
Подл.			


7

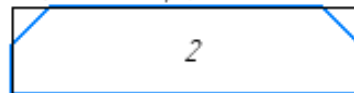
ФЮРА 20190.0007

Лист А

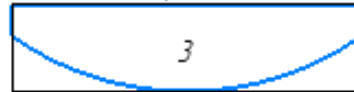
8x1500x6000; 4шт.



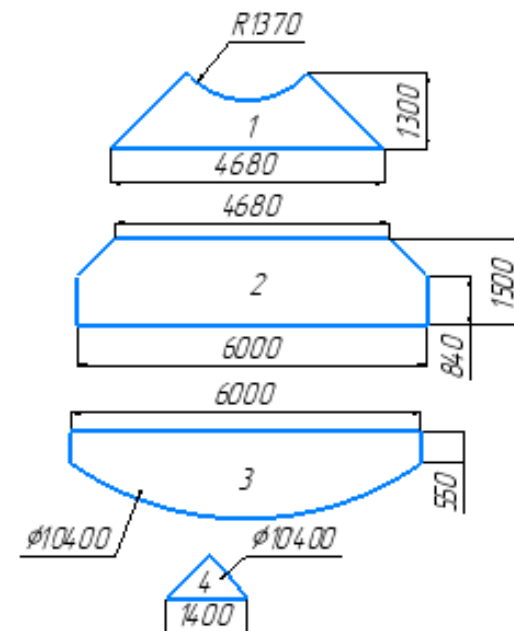
8x1500x6000; 4шт.



8x1500x6000; 4шт.

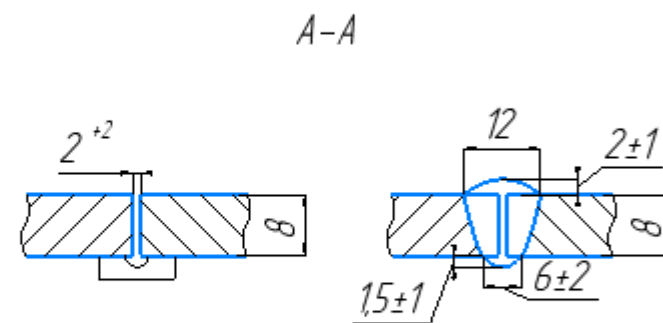
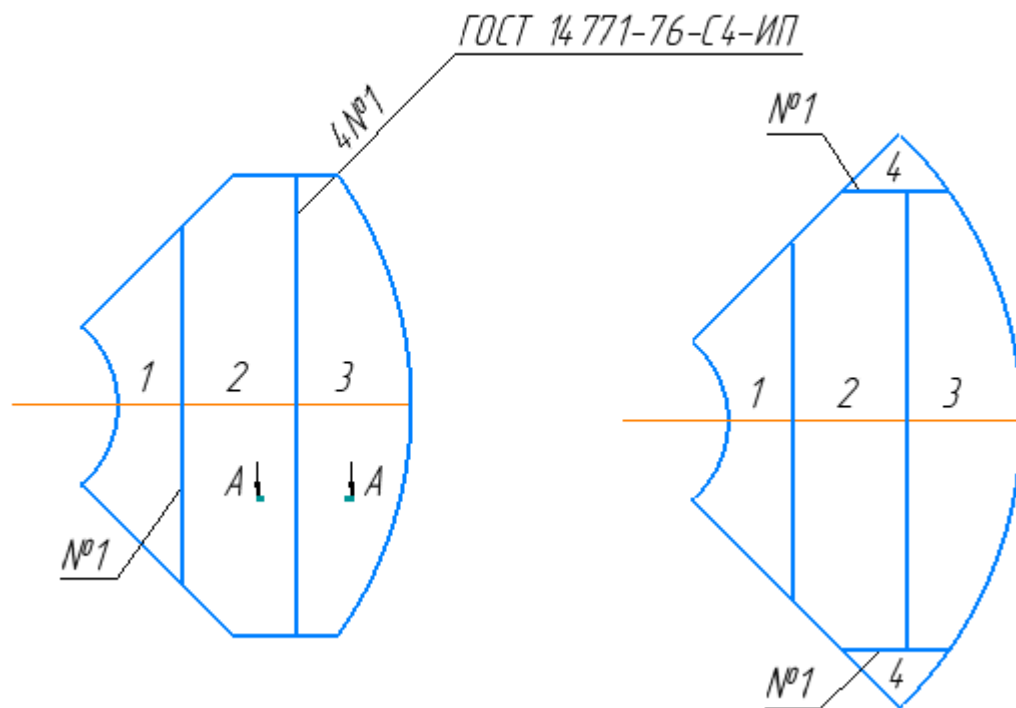


8x1500x6000; 1шт.



Дубл.			
Взам.			
Подл.			


							ФЮРА 02190.00007	8
							ФЮРА 20190.0008	



															ГОСТ 3.1118-82    форма 2				
Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
												ФЮРА.02190.00007				6	1		
Разраб.	Маринин А.А.						НИ ТПУ ИШНКБ			ФЮРА 025010.00001						ФЮРА.10190.00001			
Руковод.	Ильященко Д.П.						Группа 3-1В51												
Н.контр.							Технология изготовления барабана лебёдки подъемного крана										у		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код,наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.			
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.				
A01	1	1	1	005	Входной контроль					ГОСТ 19282-73									
O02	1. Проверить наличие сертификата на основной материал марки сталь 09Г2С																		
O03	2. Установить соответствие химического состава и механических свойств стали, представленными в сертификате с химическим составом, маркировкой и механическими свойствами данной стали по ГОСТ 19282-73																		
O04	3. Проверить внешним осмотром наличие заусенец, неровностей, вмятин на обечайках. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3 с диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Натеки зачистить.																		
T05	УШС-3																		
A06	1	1	1	010	Резка					ГОСТ 14792-80									
B07	Кран-балка, станок термической резки "СИБИРЬ ARM 1500X6000"					1	11618	6	1	2									
O08	1. Вырезать заготовки днища из листа 1500х6000х8 мм, выдерживая размеры, согласно карте эскисов ФЮРА.20190.0001																		
A09	1. Вырезать заготовки стенки из листа 1500х6000х8 мм, выдерживая размеры, согласно карте эскисов ФЮРА.20190.0004																		
B10	1. Вырезать заготовки настила крыши из листа 1500х6000х8 мм, выдерживая размеры, согласно карте эскисов ФЮРА.20190.0007																		
A11	1	1	1	015	Зачистка кромок					ГОСТ 25762-83									
B12	Кран-балка, кромкофрезерный станок XJB					1	19153	5	1	2									
O13	1. Удалить следы от газовой резки с кромок на величину 2-3 мм.																		
O14																			
O15																			
МК																			

ГОСТ 3.1118-82															форма 2а										
Дубл.																									
Взам.																									
Подл.																									
															ФЮРА.02190.00007					2					
															ФЮРА.10190.00002										
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа															
Б	Код,наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.				
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала										Обозначение,код										ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.
А01	1	1	1	020	Сборка днища					ГОСТ 14771-76															
Б02	Кран-балка, стенд для сварки рулонированных полотнищ										1	18466	4	1	2										
О03	1. Разложить листы днища короткими сторонами друг другу согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0002																								
А04	1	1	1	025	Сварка днища					ГОСТ 14771-76															
Б05	Стенд для сварки рулонированных полотнищ, универсальный автомат дуговой сварки АДС-1, источник питания ДС 400.33М										1	19905	6	1	2										
М06	Проволока ESAB OK AUTROD 12.51 Ø1,2 мм, сварочная смесь газов Ar (75%) и CO2 (25%)										ГОСТ 2246-70; ГОСТ 8050-85														
О07	1. Выполнить автоматическую сварку в среде защитных газов коротких швов элементов днища, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0002																								
О08	2. После сварки выполнять зачистку шва от шлака. Провести внешний осмотр.																								
Т09	Маска сварщика СИБРТЕХ ГОСТ Р 12.4.238-2007 89116, щетка металлическая, линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10 ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69.																								
А10	1	1	1	030	Сборка днища					ГОСТ 14771-76															
Б11	Кран-балка, стенд для сварки рулонированных полотнищ										1	18466	4	1	2										
О12	1. Стыковать листы днища длинными сторонами друг другу согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0003																								
А13	1	1	1	035	Сварка днища					ГОСТ 14771-76															
Б14	Стенд для сварки рулонированных полотнищ, универсальный автомат дуговой сварки АДС-1, источник питания ДС 400.33М										1	19905	6	1	2										
М15	Проволока ESAB OK AUTROD 12.51 Ø1,2 мм, сварочная смесь газов Ar (75%) и CO2 (25%)										ГОСТ 2246-70; ГОСТ 8050-85														
МК																									



														ГОСТ 3.1118-82    форма 2а						
Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
														ФЮРА.02190.00007				3		
														ФЮРА.10190.00003						
A	Цех	Уч.	PM	Опер.	Код,наименование операции				Обозначение документа											
Б					Код,наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.	
К/М					Наименование детали,сб.единицы или материала				Обозначение,код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
O01	1. Выполнить автоматическую сварку в среде защитных газов длинных швов элементов днища, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0003																			
O02	2. После сварки выполнять зачистку шва от шлака. Провести внешний осмотр.																			
T03	Маска сварщика СИБРТЕХ ГОСТ Р 12.4.238-2007 89116, щетка металлическая, линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10 ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69.																			
A04	1	1	1	040	Контроль ВИК				ГОСТ 14771-76											
O05	1. Произвести визуальный контроль сварного соединения. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3 шт диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Натеки зачистить. Проверить соответствие геометрических размеров сварных швов согласно ГОСТ 14771-76. Проверить ширину шва, высоту усиления.																			
T06	Линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10х ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69, щетка стальная.																			
A07	1	1	1	045	Контроль УЗК				ГОСТ Р 55724-2013											
B08					Ультразвуковой дефектоскоп ИНТРОКОР М-150				1	11830	6	1	2							
O09	1. Проверить сварные швы УЗК. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3 шт диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Объем проверки 100%.																			
B10																				
O11																				
МК																				

														ГОСТ 3.1118-82    форма 2а				
Дубл.																		
Взам.																		
Подл.																		
											ФЮРА.02190.00007			4				
										ФЮРА.10190.00004								
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа								
Б	Код,наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.		
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.			
A01	1	1	1	050	Сборка стенки резервуара					ГОСТ 14771-76								
B02	Кран-балка, стенд для сварки рулонированных полотнищ					1	18466	4	1	2								
O03	1. Разложить листы стенки короткими сторонами друг другу, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0005																	
A04	1	1	1	055	Сварка стенки резервуара					ГОСТ 14771-76								
B05	Стенд для сварки рулонированных полотнищ, универсальный автомат дуговой сварки АДС-1, источник питания ДС 400.33М					1	19905	6	1	2								
M06	Проволока ESAB OK AUTROD 12.51 Ø1,2 мм, сварочная смесь газов Ar (75%) и CO2 (25%)					ГОСТ 2246-70; ГОСТ 8050-85												
O07	1. Выполнить автоматическую сварку в среде защитных газов коротких швов элементов стенки резервуара, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0005																	
O08	2. После сварки выполнять зачистку шва от шлака. Провести внешний осмотр.																	
T09	Маска сварщика СИБРТЕХ ГОСТ Р 12.4.238-2007 89116, щетка металлическая, линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10 ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69.																	
A10	1	1	1	060	Сборка стенки резервуара					ГОСТ 14771-76								
B11	Кран-балка, стенд для сварки рулонированных полотнищ					1	18466	4	1	2								
O12	1. Стыковать листы стенки длинными сторонами друг другу, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0006																	
A13	1	1	1	065	Сварка стенки резервуара					ГОСТ 14771-76								
B14	Стенд для сварки рулонированных полотнищ, универсальный автомат дуговой сварки АДС-1, источник питания ДС 400.33М					1	19905	6	1	2								
M15	Проволока ESAB OK AUTROD 12.51 Ø1,2 мм, сварочная смесь газов Ar (75%) и CO2 (25%)					ГОСТ 2246-70; ГОСТ 8050-85												
МК																		

														ГОСТ 3.1118-82    форма 2а			
Дубл.																	
Взам.																	
Подл.																	
											ФЮРА.02190.00007			5			
											ФЮРА.10190.00005						
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции				Обозначение документа								
Б	Код,наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.		
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала				Обозначение,код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.				
O01	1. Выполнить автоматическую сварку в среде защитных газов длинных швов элементов стенки резервуара, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0006																
O02	2. После сварки выполнять зачистку шва от шлака. Провести внешний осмотр.																
T03	Маска сварщика СИБРТЕХ ГОСТ Р 12.4.238-2007 89116, щетка металлическая, линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10 ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69.																
A04	1	1	1	070	Контроль ВИК				ГОСТ 14771-76								
O05	1. Произвести визуальный контроль сварного соединения. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3 шт диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Натеки зачистить. Проверить соответствие геометрических размеров сварных швов согласно ГОСТ 14771-76. Проверить ширину шва, высоту усиления.																
T06	Линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10х ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69, щетка стальная.																
A07	1	1	1	075	Контроль УЗК				ГОСТ Р 55724-2013								
B08	Ультразвуковой дефектоскоп ИНТРОКОР М-150				1	11830	6	1	2								
O09	1. Проверить сварные швы УЗК. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3 шт диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Объем проверки 100%.																
A10																	
B11																	
M12																	
O13																	
МК																	

														ГОСТ 3.1118-82    форма 2а					
Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
												ФЮРА.02190.00007			6				
												ФЮРА.10190.00006							
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции				Обозначение документа										
Б					Код,наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М					Наименование детали,сб.единицы или материала				Обозначение,код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.		
A01	1	1	1	080	Сборка настила крыши				ГОСТ 14771-76										
B02	Кран-балка, стенд для сварки рулонированных полотнищ				1	18466	4	1	2										
O03	1. Разложить листы настила крыши, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0008																		
A04	1	1	1	085	Сварка настила крыши				ГОСТ 14771-76										
B05	Стенд для сварки рулонированных полотнищ, универсальный автомат дуговой сварки АДС-1, источник питания ДС 400.33М				1	19905	6	1	2										
M06	Проволока ESAB OK AUTROD 12.51 Ø1,2 мм, сварочная смесь газов Ar (75%) и CO2 (25%)								ГОСТ 2246-70; ГОСТ 8050-85										
O07	1. Выполнить автоматическую сварку в среде защитных газов элементов настила крыши, согласно карте эскизов ФЮРА.20190.0008																		
O08	2. После сварки выполнять зачистку шва от шлака. Провести внешний осмотр.																		
T09	Маска сварщика СИБРТЕХ ГОСТ Р 12.4.238-2007 89116, щетка металлическая, линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10 ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69.																		
A10	1	1	1	090	Контроль ВИК				ГОСТ 14771-76										
O11	1. Произвести визуальный контроль сварного соединения. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3 шт диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Натеки зачистить. Проверить соответствие геометрических размеров сварных швов согласно ГОСТ 14771-76. Проверить ширину шва, высоту усиления.																		
T12	Линейка измерительная металлическая линейка-300 ГОСТ 427-75, лупа измерительная ЛИП-3-10х ГОСТ 25706-83, УШС 3 ГОСТ 15150-69, щетка стальная.																		
A13																			
МК																			

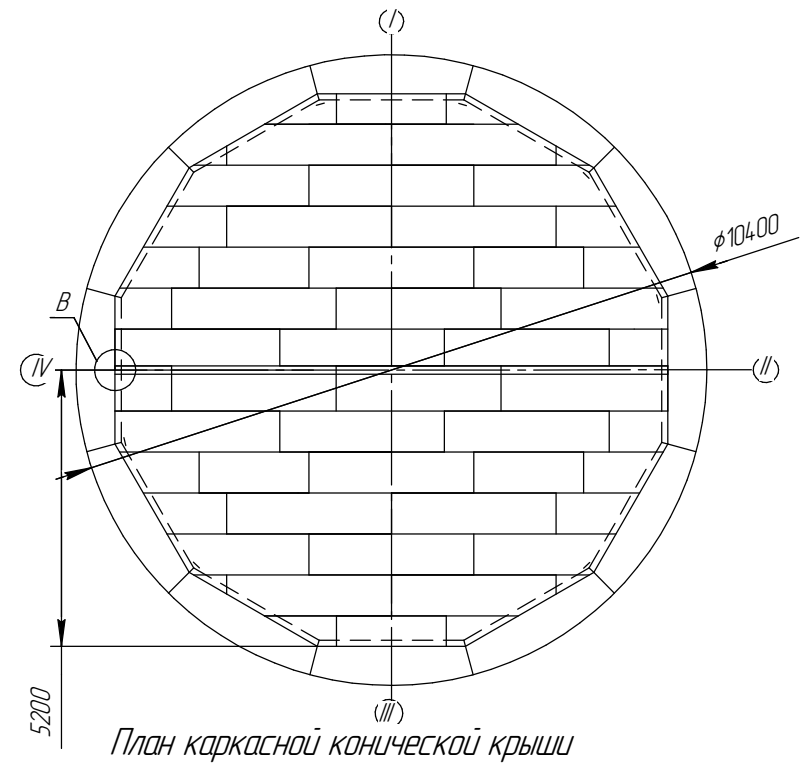
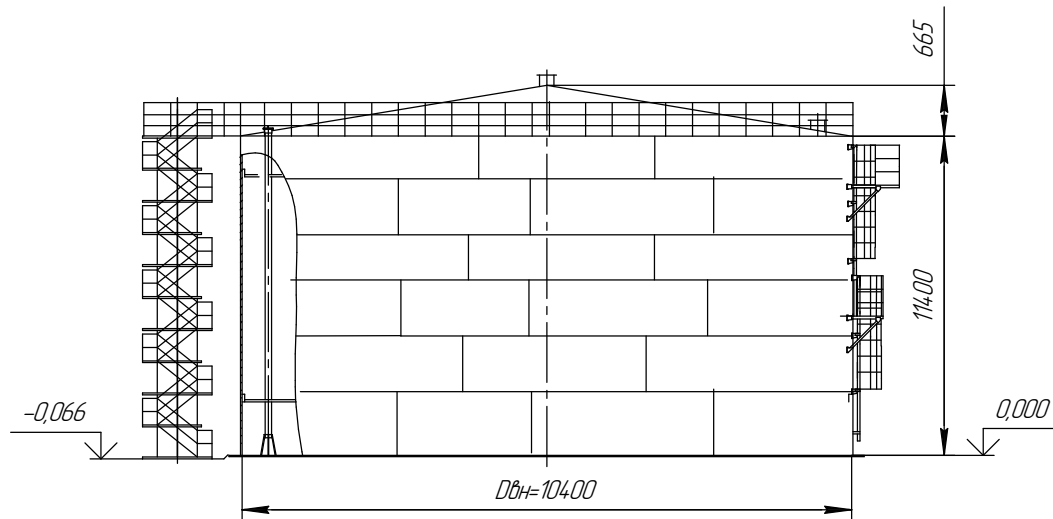
														ГОСТ 3.1118-82    форма 2а					
Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
												ФЮРА.02190.00007		7					
													ФЮРА.10190.00006						
A	Цех	Уч.	PM	Опер.	Код,наименование операции				Обозначение документа										
B					Код,наименование оборудования				CM	Проф.	P	УТ	KP	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
K/M					Наименование детали,сб.единицы или материала				Обозначение,код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расч.		
A01	1	1	1	075	Контроль УЗК				ГОСТ Р 55724-2013										
B02	Ультразвуковой дефектоскоп ИНТРОКОР М-150				1	11830	6	1	2										
O03	1. Проверить сварные швы УЗК. Трещины недопустимы. Поры допускаются в количестве 2-3 шт диаметром не более 1 мм на расстоянии не менее 10 мм. Подрезы допустимы с глубиной до 0,2 мм. Объем проверки 100%.																		
A04																			
B05																			
M06																			
O07																			
O08																			
T09																			
A10																			
B11																			
O12																			
A13																			
B14																			
M15																			
МК																			

**Приложение Б**  
**(обязательное)**  
**Комплект чертежей**

**Оглавление**

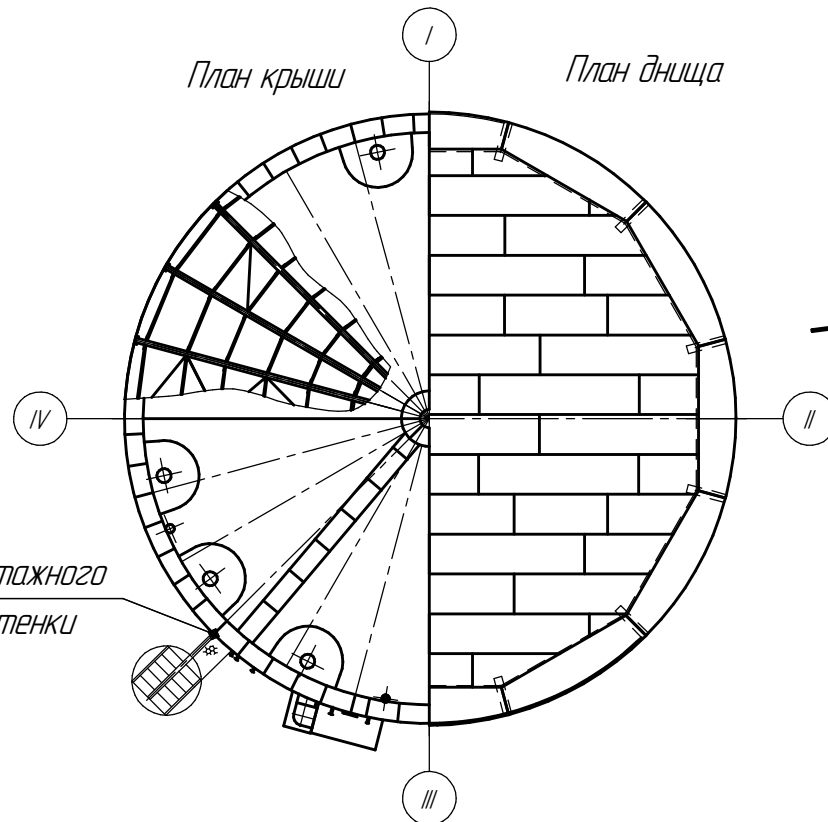
ФЮРА.504180.001 Общий вид РВС 1000 м <sup>3</sup>	чертеж А3
ФЮРА.504180.002 Монтаж РВС 1000 м <sup>3</sup>	чертеж А1

Общий вид резервуара

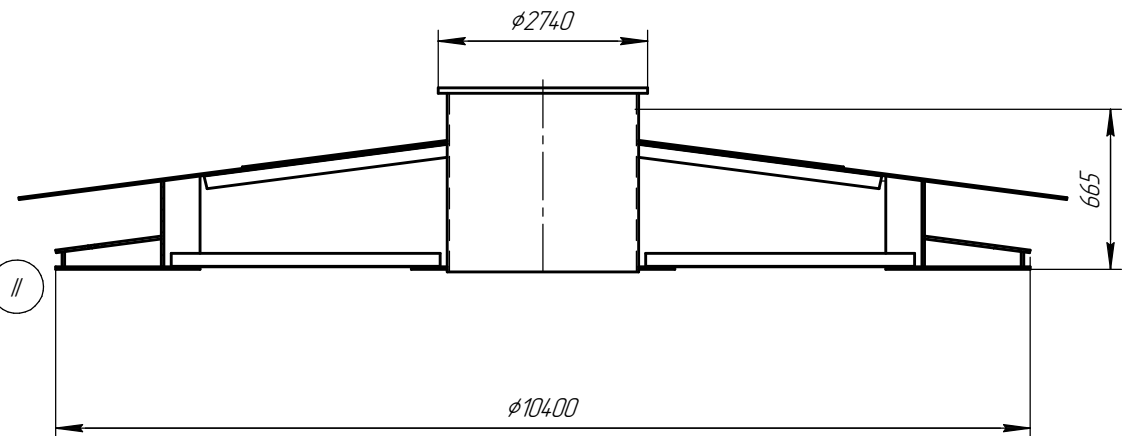


План крыши

План днища



Ось монтажного  
стыка стенки



						ФЮРА.504180.001			
Изм.	Кол.ч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Общий вид РВС 1000	Стация	Лист	Листов
Разраб.	Маринин А.А.								
Проверил	Ильяченко Д.П.								
Н.контр.							НИ ТПУ ИШНБ		
Утв.							Группа 3-1В51		

