

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение»,

профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

Отделение промышленных технологий

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА
РЕЗЕРВУАРА ВЕРТИКАЛЬНОГО СТАЛЬНОГО РВС-5000**

УДК 621.791:658.562:621.642.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-10А41	Чаткин В.Е.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Кузнецов М.А.	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крюков А.В.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Лизунков В.Г.	к.п.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Солодский С.А.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И.о. руководителя	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделения промышленных технологий	Кузнецов М.А.	к.т.н.		

Юрга – 2019 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата в	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные, математические знания, знания в области экономических и гуманитарных наук, а также понимание научных принципов, лежащих в основе профессиональной деятельности.
P2	Применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.
P3	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения задач хранения и переработки информации, коммуникативных задач и задач автоматизации инженерной деятельности.
P4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, знания в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на предприятиях машиностроения и смежных отраслей.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на производственных предприятиях и в отраслевых научных организациях.
P7	Использовать законы естественнонаучных дисциплин и математический аппарат в теоретических и экспериментальных исследованиях объектов, процессов и явлений в машиностроении, при производстве иных металлоконструкций и узлов, в том числе с целью их моделирования с использованием математических пакетов прикладных программ и средств автоматизации инженерной деятельности.
P8	Обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения, металлоконструкций и узлов для нефтегазодобывающей отрасли, горного машиностроения и топливно-энергетического комплекса, а также опасных технических объектов и устройств, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов и деталей.
P9	Осваивать внедряемые технологии и оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.
P10	Проводить эксперименты и испытания по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий, в том числе с использованием способов неразрушающего контроля.

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P11	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения, иных металлоконструкций и узлов.
P12	Проектировать изделия машиностроения, опасные технические устройства и объекты и технологические процессы их изготовления, а также средства технологического оснащения, оформлять проектную и технологическую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и с учетом требований ресурсоэффективности, производительности и безопасности.
P13	Составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
P14	Непрерывно самостоятельно повышать собственную квалификацию, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.

Руководитель ВКР

М.А. Кузнецов

Студент гр. 3-10А41

В.Е. Чаткин

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический институт
 Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение»,
 профиль «Оборудование и технология сварочного производства»
 Отделение промышленных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 И.о. руководителя
 отделения промышленных технологий
 _____ М.А. Кузнецов
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
З-10А41	Чаткин Виталий Евгеньевич

Тема работы:

Разработка технологии сварки и контроль качества резервуара вертикального стального РВС-5000	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	31.01.2019 г. № 9/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	Материалы преддипломной практики
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы. 2. Объект и методы исследования. 3. Расчет и аналитика. 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 5. Социальная ответственность.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей.)</i>	ФЮРА.РВС5000.227.00.00 ВО Общий вид Формат А1 ФЮРА.000001.227 СБ Шарнир для подъема рулона Формат А1 ФЮРА.000002.227 ЛП Полотнище стенки Формат А1 ФЮРА.000003.227 ВО Кондуктор Формат А1 ФЮРА.000004.227 ЛП План участка Формат А1
--	--

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

Раздел	Консультант
Технологическая и конструкторская часть	Кузнецов М.А.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лизунков В.Г.
Социальная ответственность	Солодский С.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	

Дата выдачи задания на выполнение вы	
квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Кузнецов М.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А41	Чаткин В.Е.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение»,
профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

Отделение промышленных технологий

Период выполнения (осенний/весенний семестр 2018 – 2019 учебного года)

Форма представления работы:

Дипломный проект

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
на выполнение выпускной квалификационной работы**

Срока сдачи студентом готовой работы	
--------------------------------------	--

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ Вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Обзор литературы	20
	Объекты и методы исследования	20
	Расчет и аналитика	20
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Кузнецов М.А.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

И.о. руководителя	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделения промышленных технологий	Кузнецов М.А.	к.т.н.		

Юрга – 2019 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А41	Чаткина Виталию Евгеньевичу

Институт	Юргинский технологический институт	Кафедра	Сварочное производство
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

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

Оценка стоимости производства по базовому технологическому процессу резервуара вертикального стального РВС-5000

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. *Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления*
2. *Определение капитальных вложений в здание, занимаемое оборудованием и приспособлениями*
3. *Определение затрат на основные материалы*
4. *Определение затрат на вспомогательные материалы*
5. *Определение затрат на заработную плату*
6. *Определение затрат на силовую электроэнергию*
7. *Определение затрат на амортизацию и ремонт оборудования*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

При необходимости представить эскизные графические материалы к расчетному заданию

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Лизунков В.Г.	к.п.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А41	Чаткин В.Е.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А41	Чаткина Виталию Евгеньевичу

Институт	Юргинский технологический институт	Кафедра	Сварочное производство
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание технологического процесса, проектирование и участка сборки-сварки резервуара вертикального стального РВС-5000.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения); - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы); - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу); - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме:</p>	<p>ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.4.046-78. ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. Правила устройства электроустановок. М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2002. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Санитарные нормы 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 СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548.96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.*</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - физико-химическая природа вредностей, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной - защиты, затем – индивидуальные защитные средства).
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов</p>	<ul style="list-style-type: none"> - механические опасности (источники, средства защиты);

проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	- термические опасности (источники, средства защиты); - электробезопасность (в т. ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).
3. Охрана окружающей среды:	- защита селитебной зоны; - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	- перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации ее последствий.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
Перечень графического материала	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров).	.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Солодский С.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А41	Чаткин В.Е.		

Реферат

Данная выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на 109 листах, в которых 17 таблиц, 14 рисунков, 59 формул, 31 источник литературы, 10 приложения, 5 листов графического материала.

Ключевые слова: резервуар вертикальный, сварка, технология сварки, технология сборки, режимы сварки, контроль качества.

Объектом исследования является разработка технологии сварки и контроль качества резервуара вертикального стального РВС-5000.

Цель работы – разработка технологии сварки и контроль качества резервуара вертикального стального РВС-5000.

Основными разделами данной выпускной квалификационной работы – введение; определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки; обзор литературы; объект и методы исследования; раздел расчета и аналитики; раздел финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность.

В введении отображены краткое обоснование темы, её актуальность, формулировку проблемы, определили цель работы и её научную и практическую значимость, а также личный вклад.

Раздел «Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки» содержит определения, необходимые для уточнения или установления терминов, используемых в ВКР, перечень условных обозначений, символов, сокращений, применяемых в выпускной работе, содержит перечень стандартов, на которые в тексте даются ссылки.

В разделе «Обзор литературы» представлен краткий обзор информации о современном состоянии решаемой задачи.

В разделе «Объект и методы исследования» представлено общее описание изделия «Резервуар вертикальный стальной РВС-5000», также

сформулирована задача представленной выпускной квалификационной работы.

В разделе «Расчет и аналитика» описаны предложенные технические решения по сварке вертикальных стальных резервуаров, оборудования, материалов, требования техники безопасности при проведении работ, требования к персоналу, последовательность работ при контроле качества.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» осуществлен расчет себестоимости изготовления резервуара вертикального стального РВС-5000.

В заключительном разделе «Социальная ответственность» произведено обоснование мер социальной ответственности предлагаемой технологии сварки и контроля качества резервуара вертикального стального РВС-5000.

В заключении кратко отображен анализ результатов разработки предлагаемой технологии изготовления резервуара вертикального стального РВС-5000.

Оглавление

Введение	15
Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	16
1 Обзор литературы	18
2 Объект и методы исследования	22
3 Расчет и аналитика	23
3.1 Теоретический анализ	23
3.1.1 Выбор способа сварки и сварочных материалов	23
3.1.2 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки	31
3.2 Инженерный расчет	33
3.2.1 Расчёт режимов сварки	33
3.2.2 Технологический анализ выбранного производства	49
3.2.3 Общая структура процесса изготовления сварной конструкции	50
3.2.4 Сравнительная оценка вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального	59
3.2.5 Выбор технологического оборудования	59
3.2.6 Контроль технологических операций	62
3.3 Конструкторский расчет	67
3.3.1 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений	67
3.4 Эргономическое проектирование	70
3.4.1 Состав монтажной площадки	70
3.4.2 Определение необходимого количества производственного оборудования	72
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	74
4.1. Расчет объема капитальных вложений	77
4.1.1 Стоимость технологического оборудования	78

4.1.2	Стоимость инструментов, приспособлений и инвентаря	79
4.1.3	Стоимость эксплуатируемых помещений	79
4.1.4	Стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырье и материалах	79
4.1.5	Оборотные средства в незавершенном производстве	80
4.1.6	Оборотные средства в запасах готовой продукции	81
4.1.7	Оборотные средства в дебиторской задолженности	81
4.1.8	Денежные оборотные средства	82
4.2.	Определение сметы затрат на производство и реализацию продукции	82
4.2.1	Основные материалы за вычетом реализуемых отходов	83
4.2.2	Расчет заработной платы производственных работников	84
4.2.3	Отчисления на социальные нужды по заработной плате основных производственных рабочих	85
4.2.4	Расчет амортизации основных фондов	85
4.2.5	Отчисления в ремонтный фонд	87
4.2.6	Затраты на вспомогательные материалы	88
4.2.7	Затраты на инструменты, приспособления и инвентарь	88
4.3	Экономическое обоснование технологического проекта	89
5	Социальная ответственность	90
5.1	Характеристика объекта исследования	90
5.2	Законодательные и нормативные документы	90
5.3	Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	92
5.3.1	Обеспечение требуемого освещения на участке	94
5.4	Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	95
5.4.1	Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов	100
5.5	Охрана окружающей среды	100

5.6 Защита в чрезвычайных ситуациях	100
5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	103
5.8 Заключение по разделу социальная ответственность	104
Заключение	106
Список использованных источников	107
Приложение А Технологический инструкция по ВИК	
Приложение Б Технологическая карта по ВИК	
Приложение В Заключение по ВИК	
Приложение Г Технологический инструкция по РК	
Приложение Д Технологическая карта по РК	
Приложение Е Заключение по РК	
Приложение Ж Технологический инструкция по КК	
Приложение З Технологическая карта по КК	
Приложение И Заключение по КК	
Приложение К Операционная технологическая карта на выполнение сварных швов	
Диск CD-R	в конверте на обороте обложки
Графическая часть	на отдельных листах
ФЮРА.РВС5000.227.00.00 ВО Общий вид	Формат А1
ФЮРА.000001.227 СБ Шарнир для подъема рулона	Формат А1
ФЮРА.000002.227 ЛП Полотнище стенки	Формат А1
ФЮРА.000003.227 ВО Кондуктор	Формат А1
ФЮРА.000004.227 ЛП План участка	Формат А1

Введение

При производстве резервуаров для хранения нефти сварка занимает основное место в технологическом процессе. Повышения качества и производительности при изготовлении сварных конструкций можно достичь в результате роста уровня механизации сварочных работ [1].

Применяемая в настоящее время технология сборки и сварки резервуаров имеет низкий уровень механизации сборочно-сварочных операций, а также высокую степень использования ручного труда, что в конечном итоге проявляется невысокой производительностью труда, дополнительными затратами, связанными с обеспечением должного уровня качества конструкции, и, что немаловажно, тяжелыми условиями труда работников предприятия. В современных экономических условиях для успешной конкурентной борьбы любому предприятию необходимо, с одной стороны, снижать затраты на производство продукции, а с другой – обеспечивать ее высокое качество, соответствующее предъявляемым потребителями требованиям [1].

Для достижения этих целей при выполнении дипломного проекта в технологию производства изделия введены элементы механизации сборочно-сварочных операций. Для этого было приобретено вспомогательное оборудование, позволяющее механизировать самые трудоемкие и тяжелые сборочные операции, а также выбрано оборудование для полуавтоматической сварки элементов резервуара.

На этапе контроля резервуара предлагается заменить метод вакуумного контроля на капиллярный контроль с разработкой технологических карт.

Цель работы – разработка технологии сварки и контроль качества резервуара вертикального стального РВС-5000.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- а) ГОСТ 27772-88 «Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия».
- б) РД 03-606-03 Инструкция по визуально измерительному контролю.
- в) РД 19.100.00-КТН-001-10 «Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов».
- г) РД 23.020.00-КТН-296-07 «Руководство по оценке технического состояния резервуаров».
- д) РД-25.160.10-КТН-050-06 «Инструкция по технологии сварки при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров».
- е) РД 102-011-89 «Охрана труда. Организационно-методические документы».
- ж) ПБ 03-576-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».
- з) ПБ 03-605-03 «Правила устройства вертикальных цилиндрических и стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов».
- и) СНиП II-23-81* Стальные конструкции.

В настоящей работе приняты следующие обозначения и сокращения:

- 1) ВИК – визуальный и измерительный контроль;
- 2) ИТР – инженерно-технический работник;
- 3) НТД – нормативно-техническая документация;
- 4) ОТС – оценка технического состояния;
- 5) ОШЗ – околосшовная зона;
- 6) ПВК – капиллярный контроль;
- 7) ПВТ – течеискание;
- 8) ПДК – предельно-допустимая концентрация;

- 9) ПДУ – предельно-допустимый уровень;
- 10) ПЭП – контактный пьезоэлектрический преобразователь;
- 11) РК – радиографический контроль;
- 12) РВСП – резервуар вертикальный стальной с понтоном;
- 13) СИЗ – средства индивидуальной защиты.

1 Обзор литературы

Вертикальные цилиндрические резервуары в отношении расхода стали занимают второе место в общем балансе стальных строительных конструкций (на первом месте находятся промышленные здания). Резервуары такой формы имеют вместимость от 100 до 200 000 м³ и даже более.

Резервуары в зависимости от величины внутреннего давления подразделяются на:

- 1) резервуары без давления (с понтоном или плавающей крышей);
- 2) резервуары низкого давления, предназначенные для хранения нефтепродуктов под избыточным давлением до 200 мм вод. ст.;
- 3) резервуары повышенного давления - для хранения нефтепродуктов под избыточным давлением до 7000 мм вод. ст.

Расчетная величина вакуума различна, но не превышает 1/10 от наибольшего избыточного давления (кроме резервуаров с избыточным давлением 200 мм вод. ст., для которых величина вакуума принимается равной 25 мм вод. ст.).

В зависимости от объема и места расположения резервуары подразделяются на три класса [3]:

- 1) класс I – особо опасные резервуары: объемом 10000 м³ и более, а также резервуары объемом 5000 м³ и более, расположенные непосредственно по берегам рек, крупных водоемов и в черте городской застройки;
- 2) класс II – резервуары повышенной опасности: объемом от 5000 до 10000 м³;
- 3) класс III – опасные резервуары: объемом от 100 до 5000 м³.

Для вертикальных цилиндрических резервуаров характерна большая длина сварных швов. Поскольку сварочные работы являются здесь основными, то они и определяют технологию монтажа конструкции резервуара.

Применяемые в настоящее время методы сооружения резервуаров возникли в результате поисков оптимальной технологии сварочных работ.

Наиболее широкое распространение в большинстве стран получили два метода возведения резервуаров (названия этих методов связаны со способом установки металлических листов в боковые поверхности): метод наращивания поясов и метод подращивания поясов. Кроме того, в России, Польше, Румынии и Болгарии применяют также рулонный метод, позволяющий доставлять на строительство сваренные и свернутые в рулон стенки и днища резервуаров. Каждый из этих методов имеет свои разновидности, характерные для отдельных стран или строительных организаций.

Метод наращивания поясов особенно пригоден при полной автоматизации сварочных работ, однако он применяется также при ручной сварке корпуса резервуара. Сборка стенки резервуара из отдельных металлических листов происходит на высоте. Сварочные работы защищают от атмосферных воздействий только при выполнении автоматической сварки [4].

Этот метод используют для сооружения резервуаров любой вместимости, в основном для резервуаров с плавающими крышами. При применении метода наращивания для монтажа резервуаров с неподвижными крышами возникает необходимость выполнения конструкции крыши на значительной высоте. Это особенно сложно при сооружении резервуаров большой вместимости, а, следовательно, и большого диаметра.

Метод подращивания поясов требует одноразовых капиталовложений на закупку специального оборудования для подъема конструкции крыши и верхних поясов стенки. Достоинством этого метода является возможность монтажа целой конструкции покрытия и стенки резервуара на уровне земли. Однако сварочные работы выполняются здесь ручным или, в лучшем случае, полуавтоматическим способом при отсутствии защиты от атмосферных воздействий. Этот метод практически пригоден для сооружения резервуаров любой вместимости.

Рулонный метод позволяет перенести в заводские условия основной объем сварочных работ, связанных с изготовлением стенки и днища резервуара. На строительной площадке выполняется только вертикальный монтажный стык стенки, а также стык по контуру, соединяющий стенку с днищем. Во время транспортировки стенку и днище резервуара следует свернуть в рулон, диаметр которого должен соответствовать грузовому габариту; это ограничивает применение данного метода, так как в рулоны могут быть свернуты листы с максимальной толщиной 16 мм. Рулонным методом, поэтому сооружаются резервуары вместимостью до 15 000 м³. Правда, в России данный метод применяют для монтажа резервуаров вместимостью до 50000 м³, но это требует сооружения стенок из двух слоев металлических листов, что создает дополнительные серьезные трудности изготовления [5].

Сварка резервуарных конструкций выполняется автоматической и полуавтоматической сваркой под флюсом, механизированной сваркой в среде защитных газов, ручной дуговой сваркой и др.

Оболочка вертикальных резервуаров состоит из отдельных металлических листов, соединения которых должны быть прочными и непроницаемыми для жидкостей и газов.

Кроме вертикальных цилиндрических резервуаров, широко применяемых на базах долговременного хранения, на базовых и расходных складах горючего и складах химических продуктов, а также на складах, используемых для хранения воды, существуют горизонтальные цилиндрические резервуары. Вертикальные и горизонтальные цилиндрические резервуары имеют плоское, коническое или сфероидальное днище. Для продуктов, хранящихся при значительном избыточном давлении, например сжиженных газов, сооружают шаровые резервуары [6]. Вертикальные стальные резервуары, предназначенные для хранения жидкостей, представляют собой вертикально стоящие цилиндры, ограниченные снизу днищем, а сверху кровлей, стационарной или плавающей крышей (крышей, плавающей на

поверхности хранимого продукта). Днище вертикального резервуара, лежащее на уплотненной песчаной подушке, под влиянием нагрузки от жидкости, испытывает сравнительно небольшие напряжения. Толщина днища принимается исходя из условий технологии монтажно-сварочных работ, обеспечения долговечности резервуара и антикоррозионной стойкости металла, из которого он изготовлен. Расход металла (отнесенный к 1 м³ полезной емкости резервуара) на изготовление вертикальных цилиндрических резервуаров низкого давления является наименьшим сравнительно с его расходом на изготовление резервуаров другой формы.

2 Объект и методы исследования

Объектом исследования является разработка технологии сварки и контроль качества резервуара вертикального стального РВС-5000.

Изготавливаемое изделие – резервуар вертикальный стальной объемом 5000 м³.

Резервуар представляет собой стальную вертикальную цилиндрическую емкость, установленную на кольцевом железобетонном фундаменте, смонтированным методом рулонирования. В качестве основного материала для его изготовления используется сталь марки 09Г2С, лестницы и ограждения изготавливаются из стали СтЗсп.

Задачей выпускной квалификационной работы является – разработка технологии сварки и контроль качества резервуара вертикального стального РВС-5000, расчёт режимов сварки и выбор необходимого сварочного оборудования, техническое нормирование операций, определение потребного состава всех необходимых элементов производства, расчёт и конструирование оснастки, планировка монтажной площадки, экономический расчет предложенного варианта изготовления и обоснование мер социальной ответственности разработанного производства.

Все вышеперечисленные разработки должны обеспечить качественный процесс изготовления изделия при оптимальном уровне механизации и автоматизации производства.

3 Расчет и аналитика

3.1 Теоретический анализ

3.1.1 Выбор способа сварки и сварочных материалов

Изготавливаемое изделие – резервуар вертикальный стальной. Диаметр резервуара 20920 мм, высота стенки 14900 мм, общая высота с учётом конической крыши 16200 мм. Днище резервуара собирается из двух рулонизируемых полотнищ. По периметру днища располагаются 12 кольцевых окراек толщиной 10 мм. Общий диаметр вместе с кольцевыми окрайками 21020 мм. Стенка резервуара состоит из двух полотнищ, изготовленных на заводе и свёрнутых в рулоны для транспортировки на площадку строительства. Монтажные стыки стенки выполняются совмещёнными встык.

По степени ответственности (опасности) резервуар объёмом 5000 м³ относится к классу II – резервуары повышенной опасности.

Покрытие резервуара коническое с уклоном распорной конструкции, собирается из 20 щитов, опирающихся на стенку резервуара и центральное кольцо. Между собой щиты соединяются путём сварки внахлест. Окрайки, стенка, центральная часть днища, крыша выполнены из стали 09Г2С, лестницы и ограждения из СтЗсп5.

Химический состав и механические свойства сталей приведены в таблицах 1 и 2 соответственно [7]:

Таблица 1 – Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 19282-89 [7]

Сталь	Массовая доля элемента, %								
	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
09Г2С	0,5÷0,8	1,3÷1,7	0,04	0,05	0,040	0,03	0,03	0,03	0,08

Таблица 2 – Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19282-89 [7]

Наименование	Величины		
Сортамент	σ_B , МПа	σ_T , МПа	σ_5 , %
Лист	500	350	21

Рассматриваемая сталь обладает хорошей свариваемостью.

Сталь СтЗсп обыкновенного качества, спокойная. Из неё изготавливаются несущие и не несущие элементы сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах.

Механические свойства, химический состав стали представлены в таблице 3 и 4 соответственно [7].

Таблица 3 – Химический состав стали СтЗсп [7]

Сталь	Массовая доля элемента, %							
	Si	Mn	C	P	Cr	Ni	Cu	S
СтЗсп	не более							
	0,12÷0,30	0,40÷0,65	0,14÷0,22	0,04	0,33	0,30	0,30	0,05

Таблица 4 – Механические свойства стали СтЗсп [7]

Термообработка, состояние поставки	Сечение, мм	$S_{0,2}$, МПа	S_B , МПа	d_5 , %	d_4 , %
Прокат горячекатаный	<20	245	370÷480	26	–
Прокат горячекатаный	<20	245	370÷480	26	–
Прокат горячекатаный	20÷40	235	370÷480	25	–
Прокат горячекатаный	40÷100	225	370÷480	23	–

Качество основного материала должно удовлетворять техническим условиям, которые указываются в сертификате, идущим вместе с партией металла. В нём указывается марка, и химический состав стали, наименование завода изготовителя,

результаты всех испытаний, предусмотренных ГОСТами на сталь [8].

Способ сварки при разработке технологии изготовления следует выбирать таким образом, чтобы он удовлетворял всем требованиям, установленным исходными данными. Если возможно использовать несколько способов, то окончательный выбор производится по результатам экономической оценки (минимальные затраты или максимальная производительность при требуемом качестве).

Для этих видов сталей рекомендуются следующие способы сварки [9]:

- а) механизированная и автоматическая сварка в защитных газах;
- б) в азоте электродной проволокой диаметром 0,8...2,0 мм;
- в) автоматическая дуговая сварка под флюсом электродной проволокой диаметром 1,6...5,0 мм;
- г) электрошлаковая сварка проволочными, пластинчатыми и комбинированными электродами.

Выбираем сварку в среде двуокси углерода (CO_2) плавящимся электродом. Этот способ сварки характеризуется следующими факторами [9]:

- а) имеется возможность вести механизированную и автоматическую сварку, а так как в изготавливаемом изделии есть сварные швы протяженностью больше 1 м, то возможность использования автоматической сварки очень важна;
- б) высокая производительность;
- в) высокие механические свойства сварных соединений;
- г) меньшая склонность к образованию горячих трещин;
- д) значительное уменьшение сварочных брызг и сокращение затрат на зачистку изделия;
- е) меньшая себестоимость сварочных работ.

При сварке в защитных газах электродная проволока является единственным материалом, через который можно в достаточно широких пределах изменять состав и свойства металла шва. Состав металла шва

выбирают близким к составу основного металла, при этом необходимые свойства металла получают за счёт сварочной проволоки. Сварку ведут проволокой с повышенным содержанием элементов – раскислителей. Выбираем проволоку Св-08Г2С-О ГОСТ 2246-70 [10].

Поволока по ГОСТ 2246-70 выпускается диаметром от 0,3 до 12 мм. Она поставляется в мотках, упакованных в парафинированную бумагу или полиэтилен.

К каждому мотку прикреплена бирка с названием завода-изготовителя, марка, диаметр, ГОСТ. На рабочее место проволока подаётся в кассетах, намотанных на специальных станках.

Химический состав проволоки, и механические свойства металла шва приведены в таблице 5 и 6 [10].

Таблица 5 – Химический состав проволоки [10]

Марка проволоки	Химический состав, %							
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Al	S	P
							не более	
Св-08Г2С-О	0,05÷0,11	0,7÷0,95	1,8÷2,1	0,2	0,25	0,05	≤0,025	≤0,03

Таблица 6 – Механические свойства металла шва [11]

Марка проволоки	σ_B , МПа	δ , %	КСУ, Дж/см ²	
			20°С	0°С
Св-08Г2С-О	510	24	86	–

Все сварочные материалы должны соответствовать требованиям стандартов и технических условий, иметь сертификаты предприятия изготовителя и храниться в отапливаемом помещении при температуре не ниже плюс 15 °С, рассортированными по маркам. При этом в обязательном порядке службой сварки монтажной организации должен быть выполнен входной

контроль поступающих сварочных материалов с обязательным испытанием на ударный изгиб при отрицательной температуре [11].

Поверхность проволоки должна быть чистой и гладкой, без трещин и расслоений. На поверхности не допускается наличие технологических смазок, за исключением следов мыльной смазки без графита и серы.

На каждый упакованный моток крепят ярлык, на котором указывают наименование завода изготовителя, условное обозначение проволоки, клеймо ОТК, номер партии.

Транспортная маркировка по ГОСТ 14192-77. Каждая партия должна сопровождаться сертификатом, удостоверяющим соответствие проволоки требованиям данного стандарта. Проволока зарубежного производства должна удовлетворять требования международных стандартов ISO9001, NCA3800, ANSI/AWS A5.01, JIS Z 9902, API 650, а программа системы качества одобрена организациями ASME, ABS и VdTUV.

Перед применением сварочную проволоку следует очищать от грязи, ржавчины, следов технологической и консервирующей смазки. Очистку производить при перемотке и укладке в кассеты сварочного полуавтомата. Упаковка и маркировка проволоки должны соответствовать требованиям ГОСТ 2246-70. Каждая партия проволоки должна иметь сертификат изготовителя.

На мотках проволоки должны быть заводские бирки. Применение проволоки, не имеющей сертификата завода-изготовителя или маркировки на мотках, разрешается только после проведения химического анализа проволоки и установления ее марки.

Для защиты сварочной дуги и сварочной ванны используется CO_2 высшего сорта по ГОСТ 8050-85, двуокись углерода газообразная и жидкая. Физико-химические показатели CO_2 высшего сорта по ГОСТ 8050-85 представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Физико-химические показатели CO₂ высшего [12]

Наименование показателя	Норма
Объемная доля двуокиси углерода (CO ₂), %, не менее	99,8
Массовая концентрация минеральных масел и механических примесей, мг/кг, не более	0,1
Массовая концентрация водяных паров при температуре 20 °С и давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), г/м ³ , не более, что соответствует температуре насыщения двуокиси углерода водяными парами при давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.) при температуре 20 °С, не выше	0,037 - 48

Основным критерием при выборе материала является свариваемость. При определении понятия свариваемости металлов необходимо исходить из физической сущности процессов сварки и отношения к ним металлов. Процесс сварки – это комплекс нескольких одновременно протекающих процессов, основными из которых являются: процесс теплового воздействия на металл в околошовных зонах, процесс плавления, металлургические процессы, кристаллизация металлов в зоне сплавления. Следовательно, под свариваемостью необходимо понимать отношение металлов к этим основным процессам. Свариваемость металлов рассматривают с технологической и физической точки зрения.

Тепловое воздействие на металл в околошовных участках и процесс плавления определяются способом сварки, его режимами. Отношение металла к конкретному способу сварки и режиму принято считать технологической свариваемостью. Физическая свариваемость определяется процессами, протекающими в зоне сплавления свариваемых металлов, в результате которых образуется неразъемное сварное соединение.

Физическая свариваемость определяется свойствами соединяемых металлов, их способностью вступать между собой в требуемые физико-

химические отношения. Все однородные металлы обладают физической свариваемостью [9].

Такие особенности сварки, как высокая температура нагрева, малый объём сварочной ванны, специфичность атмосферы над сварочной ванной, а также форма и конструкция свариваемых деталей и т.д. – в ряде случаев обуславливают нежелательные последствия:

а) резкое отличие химического состава, механических свойств и структуры металла шва от химического состава, структуры и свойств основного металла;

б) изменение структуры и свойств основного металла в зоне термического влияния;

в) возникновение в сварных конструкциях значительных напряжений, способствующих в ряде случаев образованию трещин;

г) образование в процессе сварки тугоплавких, трудно удаляемых окислов, затрудняющих протекание процесса, загрязняющих металл шва и понижающих его качество;

д) образование пористости и газовых раковин в наплавленном металле, нарушающих плотность и прочность сварного соединения и другое.

При различных способах сварки наблюдается заметное окисление компонентов сплавов. В стали, например, выгорает углерод, кремний, марганец, окисляется железо. В связи с этим в определении технологической свариваемости должно входить:

а) определение химического состава, структуры и свойств металла шва при том или ином способе сварки;

б) оценка структуры и механических свойств околошовной зоны;

в) оценка склонности сталей к образованию трещин, которая, однако, является не единственным критерием при определении технологической свариваемости;

г) оценка получаемых при сварке окислов металлов и плотности

сварного соединения.

Существующие методы определения технологической свариваемости могут быть разделены на две группы [9]:

- 1) первая группа – прямые способы, когда свариваемость определяется сваркой образцов той или иной формы;
- 2) вторая группа – косвенные способы, когда сварочный процесс заменяется другими процессами, характер воздействия которых на металл имитирует влияние сварочного процесса.

Первая группа даёт прямой ответ на вопрос о предпочтительности того или иного способа сварки, о трудностях, возникающих при сварке тем или иным способом, о рациональном режиме сварки и т.п.

Вторая группа способов, имитирующих сварочные процессы, не может дать прямого ответа на все вопросы, связанные с практическим осуществлением сварки металлов и они должны рассматриваться только как предварительные лабораторные испытания.

Для классификации по свариваемости стали подразделяются на четыре группы [9]:

- 1) первая группа – хорошо сваривающиеся стали;
- 2) вторая группа – удовлетворительно сваривающиеся стали;
- 3) третья группа – ограниченно сваривающиеся стали;
- 4) четвёртая группа – плохо сваривающиеся стали.

Основные признаки, характеризующие свариваемость сталей, – это склонность к образованию трещин и механические свойства сварного соединения.

Для определения стойкости металла против образования трещин определяют эквивалентное содержание углерода по формуле, которую предложил французский ученый Сефериан [9]:

$$\tilde{N}_{\text{УЭА}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{10} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}, \quad (1)$$

где символ каждого элемента обозначает максимальное содержание его

в металле (по техническим условиям или стандарту) в процентах. Если углеродный эквивалент $C_{ЭКВ}$ больше 0,45 %, то для обеспечения стойкости околошовной зоны против образования околошовных трещин и закалочных структур следует применять предварительный подогрев, а в ряде случаев и последующую термообработку свариваемого металла.

Произведём определение свариваемости стали 09Г2С:

$$\tilde{N}_{\text{YEA}} = 0,09 + \frac{1,3}{6} + \frac{0,5}{24} + \frac{0,04}{10} = 0,333\%.$$

Произведём определение свариваемости стали СтЗпс:

$$\tilde{N}_{\text{YEA}} = 0,14 + \frac{0,3}{20} = 0,16 \%.$$

Делаем вывод: стали относятся к группе хорошо сваривающихся сталей.

Таким образом, применяемые при изготовлении резервуара вертикального удовлетворяют требованиям применимости, при сварке в среде защитных газов.

3.1.2 Металлургические и технологические особенности принятого способа сварки

Состав металла шва при сварке в защитных газах плавящимся электродом определяется составом газа, составом электродного и основного металла, их долями в металле шва и ходом металлургических реакций в сварочной ванне.

Причины окисления и образования пор при сварке в углекислом газе следующие. При сварке углекислый газ диссоциирует в зоне дуги с образованием атомарного кислорода по реакции $\text{CO}_2 \leftrightarrow \text{CO} + \text{O}$, $\text{CO} \leftrightarrow \text{C} + \text{O}$. Атомарный кислород окисляет железо и легирующие присадки, содержащиеся в стали, $\text{Fe} + \text{O} \rightarrow \text{FeO}$. В результате этого металл сварочной ванны насыщается кислородом, а его свойства ухудшаются [13].

При охлаждении расплавленного металла углерод, содержащийся в

стали, окисляясь, будет способствовать образованию оксида углерода по реакции $C+O\rightarrow CO$, $FeO+C\rightarrow CO+Fe$. Образующийся при кристаллизации металла шва CO выделяется в виде пузырьков, часть из которых, не успевая выделиться, задерживается в металле шва, образуя поры.

В том же случае, если металл сварочной проволоки легирован Si и Mn, окислы железа раскисляются не за счет углерода, а в основном за счет Si и Mn из сварочной проволоки, таким образом, предотвращается образование окиси углерода при кристаллизации и образование пор.

Раскисление окислов железа идет по реакции $2FeO+Si\rightarrow SiO_2+2Fe$, $FeO+Mn\rightarrow MnO+Fe$. Окислы кремния и марганца в виде шлака скапливаются на поверхности сварочной ванны [13].

В среднем при сварке низкоуглеродистых низколегированных сталей в CO_2 содержание водорода в наплавленном металле колеблется от 0,5 до $2\cdot 10^{-5}$ м³/кг.

Сварку в углекислом газе выполняют на постоянном токе. Сила тока зависит от диаметра и состава электрода и скорости подачи электродной проволоки, полярности, вылета электрода и состава газа.

Химический состав проволоки, смазка и загрязнение, находящиеся на проволоке и свариваемом металле, могут оказывать влияние на силу тока, длину дуги, напряжение и характер процесса.

Допустимый вылет электрода зависит от диаметра, удельного электрического сопротивления электрода и силы сварочного тока. Увеличение вылета позволяет повысить коэффициент расплавления электрода и уменьшает глубину провара.

Род активного газа оказывает значительное влияние на технологические характеристики и форму проплавления.

С увеличением силы тока и уменьшения диаметра электрода глубина проплавления увеличивается.

Наклон электрода углом вперед и углом назад до 30° не отражается на

характере процесса. При больших углах наклона увеличивается разбрызгивание. При сварке углом вперед глубина провара несколько уменьшается, а ширина шва увеличивается. При этом сварку можно вести на повышенных скоростях [9].

Конструктивные элементы подготовки кромок, типы сварных швов и их размеры при сварке в среде защитных газов должны соответствовать ГОСТ 14771-76. Основной металл до сборки в местах сварки должен быть очищен от ржавчины, масла, влаги и других загрязнений [14].

3.2 Инженерный расчет

3.2.1 Расчёт режимов сварки

К параметрам сварки относятся:

- 1) диаметр электродной проволоки – $d_{ЭП}$;
- 2) сварочный ток – I_C ;
- 3) напряжение сварки – U_C ;
- 4) расход защитного газа – $g_{ЗГ}$;
- 5) скорость сварки – V_C ;
- 6) скорость подачи электродной проволоки – $V_{ЭП}$;

Расчет режима дуговой сварки в углекислом газе шва № 5 (рисунок 1).

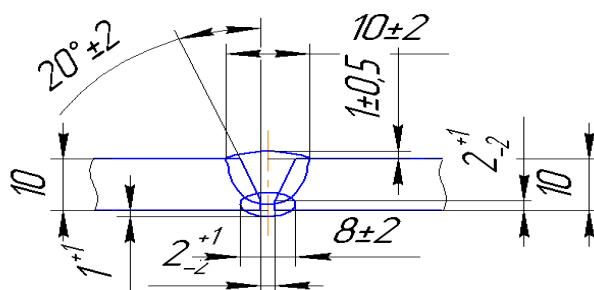


Рисунок 1 Шов С21 ГОСТ 14771-76

Ориентировочно площади корневого и заполняющего проходов при

вертикальном положении шва принимаем $F_{НК}=12 \text{ мм}^2$ и $F_{НЗ}=28 \text{ мм}^2$. Площадь подварочного прохода определяем по чертежу [15]:

$$F_{\Pi} = \hat{E}_c \cdot l_1 \cdot g_1, \quad (2)$$

где F_{Π} – площадь подварочного прохода, мм²;

l_1 – ширина прохода, мм;

g_1 – высота усиления прохода, мм.

$$F_{\Pi} = 0,7 \cdot 10 \cdot 1,5 = 8,4 \text{ мм}^2.$$

Чтобы определить общее количество проходов, необходимо найти общую площадь наплавленного металла [15]:

$$F_{\Pi} = \hat{E}_c \cdot l \cdot g + b \cdot c + \frac{1}{2} \cdot (S - C)^2 \cdot \text{tg} \alpha, \quad (3)$$

где b – притупление, мм;

c – глубина провара подварочного прохода, мм;

S – толщина детали, мм;

C – ширина шва, мм.

$$F_{\Pi} = 0,7 \cdot 12 \cdot 2 + 2 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot (10 - 20)^2 \cdot \text{tg} 20^\circ = 65 \text{ мм}^2.$$

Определяем общее количество проходов [15]:

$$n_{\Pi} = \frac{F_{\Pi} - n_{\Pi\hat{E}} \cdot F_{\Pi\hat{E}} - n_{\Pi} \cdot F_{\Pi}}{F_{i\hat{C}}} + n_{\Pi\hat{E}} + n_{\Pi}, \quad (4)$$

$$n_{\Pi} = \frac{65 - 12 - 8,4}{28} + 1 + 1 = 3,59, \text{ принимаем } n_{\Pi} = 3.$$

Уточняем площади $F_{НЗ}$ с учетом принятого количества проходов [15]:

$$F_{i\hat{C}} = \frac{F_{\Pi} - F_{\Pi\hat{E}} - F_{\Pi}}{n_{\Pi} - n_{\Pi\hat{E}} - n_{\Pi}}, \quad (5)$$

$$F_{i\hat{C}} = \frac{65 - 12 - 8,4}{3 - 1 - 1} = 28 \text{ мм}^2.$$

Рассчитываем диаметр электродной проволоки для корневого $d_{ЭПК}$, заполняющего $d_{ЭПЗ}$ и подварочного $d_{ЭП\Pi}$ проходов по соответствующим площадям $F_{НК}=12 \text{ мм}^2$, $F_{НЗ}=28 \text{ мм}^2$, $F_{\Pi}=8,4 \text{ мм}^2$, для сварки в вертикальном

положении принимаем коэффициент $K_d=0,184\dots0,326$.

$$d_{\hat{YIE}}^{\hat{A}} \geq (0,184\dots0,326) \cdot F_{iE}^{0,625}, \quad (6)$$

$$d_{\hat{YIC}}^{\hat{A}} \geq (0,184\dots0,326) \cdot F_{iC}^{0,625}, \quad (7)$$

$$d_{\hat{YII}}^{\hat{A}} \geq (0,184\dots0,326) \cdot F_{iI}^{0,625}, \quad (8)$$

$$d_{\hat{YIE}}^{\hat{A}} \geq (0,184\dots0,326) \cdot 12^{0,625} \geq 0,869\dots1,54 \text{ мм};$$

$$d_{\hat{YIC}}^{\hat{A}} \geq (0,184\dots0,326) \cdot 28^{0,625} \geq 1,476\dots2,61 \text{ мм};$$

$$d_{\hat{YII}}^{\hat{A}} \geq (0,184\dots0,326) \cdot 8,4^{0,625} \geq 0,48\dots1,2 \text{ мм}.$$

С учетом ограничения для вертикального положения шва принимаем $d_{ЭПК}=1,2$ мм, $d_{ЭПЗ}=1,4$ мм и $d_{ЭПИ}=1,2$ мм [14].

Скорость сварки при вертикальном положении шва рассчитывается по $d_{ЭПн}$ и F_{Hi} , для корневого $V_{\hat{NE}}^{\hat{A}}$, заполняющих $V_{\hat{NC}}^{\hat{A}}$ и подварочных $V_{\hat{NI}}^{\hat{A}}$ проходов по формуле [15]:

$$V_{\hat{NE}}^{\hat{A}} \leq \frac{8,9 \cdot d_{YI}^2 + 50,6 \cdot d_{YIE}^{1,5}}{F_{iE}}, \quad (9)$$

$$V_{\hat{NC}}^{\hat{A}} \leq \frac{8,9 \cdot d_{YI}^2 + 50,6 \cdot d_{YIC}^{1,5}}{F_{iC}}, \quad (10)$$

$$V_{\hat{NI}}^{\hat{A}} \leq \frac{8,9 \cdot d_{YI}^2 + 50,6 \cdot d_{YII}^{1,5}}{F_{iI}}, \quad (11)$$

$$V_{\hat{NE}}^{\hat{A}} \leq \frac{8,9 \cdot 1,2^2 + 50,6 \cdot 1,2^{1,5}}{12} \leq 6,41 \text{ мм/с};$$

$$V_{\hat{NC}}^{\hat{A}} \leq \frac{8,9 \cdot 1,4^2 + 50,6 \cdot 1,4^{1,5}}{28} \leq 3,66 \text{ мм/с};$$

$$V_{\hat{NI}}^{\hat{A}} \leq \frac{8,9 \cdot 1,2^2 + 50,6 \cdot 1,2^{1,5}}{8,4} \leq 9,43 \text{ мм/с}.$$

Сварку корневого прохода в вертикальном положении желательно выполнять на мягком режиме, т.е. при пониженных значениях $I_{СК}$ и $V_{СК}$.

Поэтому принимаем $V_{\hat{NE}}^{\hat{A}} = 6$ мм/с, для заполняющих $V_{\hat{NC}}^{\hat{A}} = 4$ мм/с, и подварочного $V_{\hat{NI}}^{\hat{A}} = 9$ мм/с.

Рассчитываем скорость подачи электродной проволоки [15]:

$$V_{\dot{Y}\dot{E}} = \frac{4 \cdot F_{\dot{E}} \cdot V_{\dot{N}\dot{E}}}{\pi \cdot d_{\dot{Y}\dot{E}}^2 \cdot (1 - \psi_D)}, \quad (12)$$

$$V_{\dot{Y}\dot{C}} = \frac{4 \cdot F_{\dot{C}} \cdot V_{\dot{N}\dot{C}}}{\pi \cdot d_{\dot{Y}\dot{C}}^2 \cdot (1 - \psi_D)}, \quad (13)$$

$$V_{\dot{Y}\dot{I}} = \frac{4 \cdot F_{\dot{I}} \cdot V_{\dot{N}\dot{I}}}{\pi \cdot d_{\dot{Y}\dot{I}}^2 \cdot (1 - \psi_D)}, \quad (14)$$

$$V_{\dot{Y}\dot{E}} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 6}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot (1 - 0,1)} = 70,77 \text{ мм/с};$$

$$V_{\dot{Y}\dot{C}} = \frac{4 \cdot 28 \cdot 4}{3,14 \cdot 1,4^2 \cdot (1 - 0,1)} = 109,18 \text{ мм/с};$$

$$V_{\dot{Y}\dot{I}} = \frac{4 \cdot 8,4 \cdot 9}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot (1 - 0,1)} = 77,6 \text{ мм/с}.$$

Рассчитываем сварочный ток для корневого $I_{СК}$, заполняющего $I_{СЗ}$, и подварочного $I_{СП}$ проходов при сварке на обратной полярности [15]:

$$I_{\dot{N}\dot{E}}^+ = d_{\dot{Y}\dot{E}} \cdot (\sqrt{1450 \cdot d_{\dot{Y}\dot{E}} \cdot V_{\dot{Y}\dot{E}} + 145150} - 382), \quad (15)$$

$$I_{\dot{N}\dot{C}}^+ = d_{\dot{Y}\dot{C}} \cdot (\sqrt{1450 \cdot d_{\dot{Y}\dot{C}} \cdot V_{\dot{Y}\dot{C}} + 145150} - 382), \quad (16)$$

$$I_{\dot{N}\dot{I}}^+ = d_{\dot{Y}\dot{I}} \cdot (\sqrt{1450 \cdot d_{\dot{Y}\dot{I}} \cdot V_{\dot{Y}\dot{I}} + 145150} - 382), \quad (17)$$

$$I_{\dot{N}\dot{E}}^+ = 1,2 \cdot (\sqrt{1450 \cdot 1,2 \cdot 70,77 + 145150} - 382) = 163 \text{ А};$$

$$I_{\dot{N}\dot{C}}^+ = 1,4 \cdot (\sqrt{1450 \cdot 1,4 \cdot 109,18 + 145150} - 382) = 226 \text{ А};$$

$$I_{\dot{N}\dot{I}}^+ = 1,2 \cdot (\sqrt{1450 \cdot 1,2 \cdot 77,6 + 145150} - 382) = 178 \text{ А}.$$

Определяем напряжение сварки для корневого $U_{СК}$, заполняющего $U_{СЗ}$ и подварочного $U_{СП}$, проходов [15]:

$$U_{\dot{N}\dot{E}} = 14 + 0,05 \cdot I_{\dot{N}\dot{E}}^+, \quad (18)$$

$$U_{\dot{N}\dot{C}} = 14 + 0,05 \cdot I_{\dot{N}\dot{C}}^+, \quad (19)$$

$$U_{\dot{N}\dot{I}} = 14 + 0,05 \cdot I_{\dot{N}\dot{I}}^+, \quad (20)$$

$$U_{\dot{N}\dot{E}} = 14 + 0,05 \cdot 163 = 22 \text{ В};$$

$$U_{\tilde{N}\tilde{C}} = 14 + 0,05 \cdot 226 = 26 \text{ В};$$

$$U_{\tilde{N}\tilde{I}} = 14 + 0,05 \cdot 178 = 23 \text{ В}.$$

Определяем расход углекислого газа для соответствующих проходов $Q_{\tilde{A}\tilde{E}}$, $Q_{\tilde{A}\tilde{C}}$, $Q_{\tilde{A}\tilde{I}}$ [15]:

$$q_{\tilde{A}\tilde{E}} = 3,3 \cdot 1,0^{-3} \cdot I_{\tilde{N}\tilde{E}}^{0,75}, \quad (21)$$

$$q_{\tilde{A}\tilde{C}} = 3,3 \cdot 1,0^{-3} \cdot I_{\tilde{N}\tilde{C}}^{0,75}, \quad (22)$$

$$q_{\tilde{A}\tilde{I}} = 3,3 \cdot 1,0^{-3} \cdot I_{\tilde{N}\tilde{I}}^{0,75}, \quad (23)$$

$$q_{\tilde{A}\tilde{E}} = 3,3 \cdot 1,0^{-3} \cdot 163^{0,75} = 0,15 \text{ л/с};$$

$$q_{\tilde{A}\tilde{C}} = 3,3 \cdot 1,0^{-3} \cdot 226^{0,75} = 0,19 \text{ л/с};$$

$$q_{\tilde{A}\tilde{I}} = 3,3 \cdot 1,0^{-3} \cdot 178^{0,75} = 0,16 \text{ л/с}.$$

Расчет режима дуговой сварки в углекислом газе шва № 2 (рисунок 2).

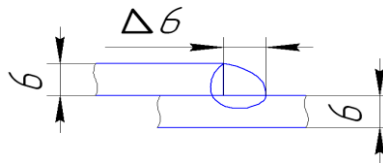


Рисунок 2 Шов Н1 ГОСТ 14771-76

Определяем расчетную глубину проплавления [15]:

$$h_p = (0,7 \dots 1,1) \cdot \hat{E}, \quad (24)$$

$$\hat{E} \leq 1,2 \cdot S, \quad (25)$$

где h_p – глубина проплавления, мм;

S – толщина металла, мм;

K – катет шва.

$$\hat{E} \leq 1,2 \cdot 6 \leq 7,2,$$

$$h_p = 0,7 \cdot 7,2 = 5,1 \text{ мм}$$

Диаметр электродной проволоки [15]:

$$d_{\tilde{I}\tilde{I}} = \sqrt[4]{h_p} \pm 0,05 \cdot h_p, \quad (26)$$

$d_{\dot{YI}} = \sqrt[4]{5,1 \pm 0,05 \cdot 5,1} = 1,2 \dots 1,75$ мм, принимаем $d_{\text{ЭП}} = 1,2$ мм.

Для расчета скорости сварки выбираем коэффициент $K_V = 1060$ [15]:

$$V_C = K_V \cdot \frac{h_D^{1,61}}{e^{3,36}}, \quad (27)$$

где V_C – скорость сварки, мм/с;

e – ширина шва, мм.

$$V_C = 1060 \cdot \frac{5,1^{1,61}}{9^{3,36}} = 9 \text{ мм/с.}$$

Для расчета сварочного I_C тока, коэффициент $K_I = 430$ [15]:

$$I_C = K_I \cdot \frac{h_D^{1,32}}{e^{1,07}}, \quad (28)$$

$$I_C = 430 \cdot \frac{5,1^{1,32}}{9^{1,07}} = 351 \text{ А.}$$

При сварке в нижнем положении $I_C \leq 180 \cdot d_{\dot{YI}}^{1,5} \leq 510$ А, следовательно $I_C = 351$ А находится в пределах допустимых значений.

Напряжение сварки U_C находим по формуле [15]:

$$U_C = 14 + 0,05 \cdot I_C, \quad (29)$$

где U_C – напряжение сварки, В.

$$U_C = 14 + 0,05 \cdot 351 = 32 \text{ В.}$$

Вылет электродной проволоки l_A [15]:

$$l_A = 10 \cdot d_{\dot{YI}} \pm 2 \cdot d_{\dot{YI}}, \quad (30)$$

$$l_A = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 9,6 \dots 14,4 \text{ мм.}$$

Скорость подачи электродной проволоки определяется по формуле [15]:

$$V_{\dot{YI}} = 0,53 \cdot \frac{I_C}{d_{\dot{YI}}^2} + 6,94 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{I_C^2}{d_{\dot{YI}}^3}, \quad (31)$$

$$V_{\dot{YI}} = 0,53 \cdot \frac{351}{1,2^2} + 6,94 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{351^2}{1,2^3} = 173 \text{ мм/с.}$$

Расход защитного газа (CO_2) [15]:

$$g_{\zeta\bar{A}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot I_C^{0,75}, \quad (32)$$

$$g_{\zeta\bar{A}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 351^{0,75} = 0,267 \text{ л/с.}$$

Расчет режима дуговой сварки в углекислом газе шва № 3 (рисунок 3).

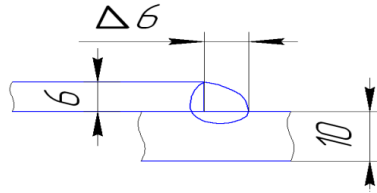


Рисунок 3 Шов Н1 ГОСТ – 14771-76

Определяем расчетную глубину проплавления по формуле (24) и (25):

$$\hat{E} \leq 1,2 \cdot 6 \leq 7,2,$$

$$h_p = 0,7 \cdot 7,2 = 5,1 \text{ мм}$$

Диаметр электродной проволоки определяем по формуле (26):

$$d_{\bar{y}\bar{y}} = \sqrt[4]{5,1 \pm 0,05 \cdot 5,1} = 1,2 \dots 1,75 \text{ мм, принимаем } d_{\text{ЭП}} = 1,2 \text{ мм.}$$

Для расчета скорости сварки по формуле (27), выбираем коэффициент $K_V = 1060$ [15]:

$$V_C = 1060 \cdot \frac{5,1^{1,61}}{9^{3,36}} = 9 \text{ мм/с.}$$

Для расчета сварочного тока по формуле (2) для $d_{\text{ЭП}} = 1,2$ мм находим коэффициент $K_I = 430$ [15]:

$$I_C = 430 \cdot \frac{5,1^{1,32}}{9^{1,07}} = 351 \text{ А.}$$

При сварке в нижнем положении $I_C \leq 180 \cdot d_{\bar{y}\bar{y}}^{1,5} \leq 510$ А, следовательно $I_C = 351$ А находится в пределах допустимых значений.

Напряжение сварки находим по формуле (29) [15]:

$$U_C = 14 + 0,05 \cdot 351 = 32 \text{ В.}$$

Вылет электродной проволоки рассчитываем по формуле (30) [15]:

$$l_{\bar{A}} = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 9,6 \dots 14,4 \text{ мм.}$$

Скорость подачи электродной проволоки рассчитываем по формуле (31):

$$V_{\dot{Y}} = 0,53 \cdot \frac{351}{1,2^2} + 6,94 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{351^2}{1,2^3} = 173 \text{ мм/с.}$$

Расход защитного газа (CO₂) рассчитываем по формуле (32) [15]:

$$g_{\dot{CA}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 351^{0,75} = 0,267 \text{ л/с.}$$

Расчет режима дуговой сварки в углекислом газе шва № 6 (рисунок 4).

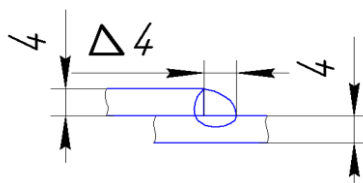


Рисунок 4 Шов Н1 ГОСТ 14771-76

Определяем расчетную глубину проплавления по формуле (24) и (25):

$$\hat{E} \leq 1,2 \cdot 4 \leq 4,8,$$

$$h_p = 0,7 \cdot 4,8 = 3,4 \text{ мм}$$

Диаметр электродной проволоки рассчитываем по формуле (26) [15]:

$$d_{\dot{Y}} = \sqrt[4]{3,4 \pm 0,05 \cdot 3,4} = 1,18 \dots 1,52 \text{ мм, принимаем } d_{\text{ЭП}} = 1,2 \text{ мм.}$$

Для расчета скорости сварки по формуле (27) выбираем коэффициент $K_V = 1060$ [15]:

$$V_c = 1060 \cdot \frac{3,4^{1,61}}{6^{3,36}} = 18,4 \text{ мм/с.}$$

Для расчета сварочного тока по формуле (28) для $d_{\text{ЭП}} = 1,2$ мм находим коэффициент $K_I = 430$ [15]:

$$I_c = 430 \cdot \frac{3,4^{1,32}}{6^{1,07}} = 280 \text{ А.}$$

Напряжение сварки находим по формуле (29) [15]:

$$U_c = 14 + 0,05 \cdot 280 = 28 \text{ В.}$$

Вылет электродной проволоки рассчитываем по формуле (30) [15]:

$$l_{\bar{A}} = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 9,6 \dots 14,4 \text{ мм.}$$

Скорость подачи электродной проволоки определяется по формуле (31):

$$V_{\bar{W}} = 0,53 \cdot \frac{280}{1,2^2} + 6,94 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{280^2}{1,2^3} = 417 \text{ мм/с.}$$

Расход защитного газа (CO_2) рассчитываем по формуле (32) [15]:

$$g_{\bar{C}\bar{A}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 280^{0,75} = 0,21 \text{ л/с.}$$

Расчет режима дуговой сварки в углекислом газе шва №1 (рисунок 5).

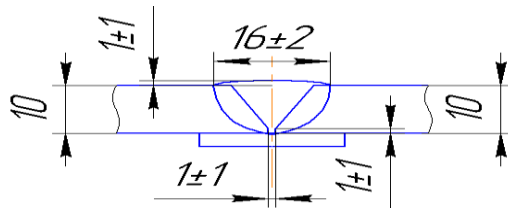


Рисунок 5 Шов С19 ГОСТ 14771-76

Ориентировочно площади корневого и заполняющего проходов при нижнем положении шва принимаем $F_{\text{НК}} = 10 \text{ мм}^2$ и $F_{\text{НЗ}} = 55 \text{ мм}^2$.

Чтобы определить общее количество проходов, необходимо найти общую площадь наплавленного металла по формуле (3):

$$F_{\bar{W}} = 0,7 \cdot 16 \cdot 1 + 2 \cdot 10 + \frac{1}{2} \cdot (10 - 2)^2 \cdot \text{tg} 45^\circ = 68 \text{ мм}^2.$$

Определяем общее количество проходов по формуле (4) [15]:

$$n_{\bar{W}} = \frac{68 - 10}{55} + 1 = 2,05, \text{ принимаем } n_{\bar{W}} = 2.$$

Уточняем площади $F_{\text{ПЗ}}$ с учетом принятого количества проходов по формуле (5) [15]:

$$F_{\bar{C}} = \frac{68 - 10}{2 - 1} = 55 \text{ мм}^2.$$

Рассчитываем диаметр электродной проволоки для корневого $d_{\text{ЭК}}$, заполняющего $d_{\text{ЭПЗ}}$ проходов по соответствующим площадям $F_{\text{НК}} = 10 \text{ мм}^2$ $F_{\text{НЗ}} = 55 \text{ мм}^2$ по формулам (6) и (7), для сварки в нижнем положении принимаем

коэффициент $K_d=0,149\dots0,264$ [15]:

$$d_{\bar{Y}\bar{E}}^{\hat{A}} \geq (0,149\dots0,264) \cdot 10^{0,625} \geq 0,628\dots1,11 \text{ мм};$$

$$d_{\bar{Y}\bar{C}}^{\hat{A}} \geq (0,149\dots0,264) \cdot 55^{0,625} \geq 1,8\dots2,9 \text{ мм}.$$

С учетом ограничения для нижнего положения шва принимаем $d_{ЭП}=1,2$ мм.

Скорость сварки при вертикальном положении шва рассчитывается по $d_{ЭП}$ и F_{Hi} , для корневого $V_{\bar{N}\bar{E}}^{\hat{A}}$, заполняющих $V_{\bar{N}\bar{C}}^{\hat{A}}$ и подварочных $V_{\bar{N}\bar{I}}^{\hat{A}}$ проходов по формуле 9 и 10 [15]:

$$V_{\bar{N}\bar{E}}^{\hat{A}} \leq \frac{15,9 \cdot 1,2^2 + 67,4 \cdot 1,2^{1,5}}{10} \leq 11,2 \text{ мм/с};$$

$$V_{\bar{N}\bar{C}}^{\hat{A}} \leq \frac{15,9 \cdot 1,2^2 + 67,4 \cdot 1,2^{1,5}}{55} \leq 3,16 \text{ мм/с}.$$

С учетом ограничений в зависимости от уровня автоматизации процесса принимаем $V_{\bar{N}\bar{E}}^{\hat{A}} = 10$ мм/с, для заполняющих $V_{\bar{N}\bar{C}}^{\hat{A}} = 4$ мм/с [14].

Рассчитываем скорость подачи электродной проволоки по формулам (12) и (13) [15]:

$$V_{\bar{Y}\bar{E}} = \frac{4 \cdot 10 \cdot 10}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot (1 - 0,1)} = 98,3 \text{ мм/с};$$

$$V_{\bar{Y}\bar{C}} = \frac{4 \cdot 55 \cdot 4}{3,14 \cdot 1,4^2 \cdot (1 - 0,1)} = 216 \text{ мм/с}.$$

Рассчитываем сварочный ток для корневого $I_{СК}$ и заполняющего $I_{СЗ}$ проходов при сварке на обратной полярности по формулам (15) и (16) [15]:

$$I_{\bar{N}\bar{E}}^+ = 1,2 \cdot (\sqrt{1450 \cdot 1,2 \cdot 98,3 + 145150} - 382) = 216 \text{ А};$$

$$I_{\bar{N}\bar{C}}^+ = 1,2 \cdot (\sqrt{1450 \cdot 1,2 \cdot 216 + 145150} - 382) = 330 \text{ А}.$$

Определяем напряжение сварки для корневого $U_{СК}$ и подварочного $U_{СП}$ проходов по формулам (18) и (19) [15]:

$$U_{\bar{N}\bar{E}} = 14 + 0,05 \cdot 216 = 24,8 \text{ В};$$

$$U_{\bar{N}\bar{C}} = 14 + 0,05 \cdot 330 = 30 \text{ В}.$$

Определяем расход углекислого газа для соответствующих проходов по формулам (21) и (22) [15]:

$$q_{\zeta\bar{A}\bar{E}} = 3,3 \cdot 1,0^{-3} \cdot 216^{0,75} = 0,185 \text{ л/с};$$

$$q_{\zeta\bar{A}\bar{C}} = 3,3 \cdot 1,0^{-3} \cdot 330^{0,75} = 0,25 \text{ л/с}.$$

Расчет режима дуговой сварки в углекислом газе шва № 4 (рисунок 6).

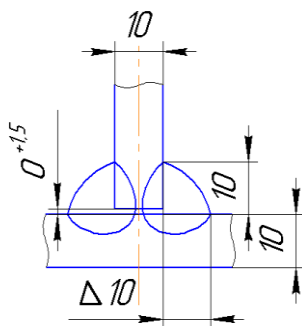


Рисунок 6 Шов ТЗ ГОСТ 14771-76

Ориентировочно площади корневого и заполняющего проходов при нижнем положении шва принимаем $F_{HK}=12 \text{ мм}^2$ и $F_{H3}=60 \text{ мм}^2$ [15].

Чтобы определить общее количество проходов, необходимо найти общую площадь наплавленного металла по формуле [15]:

$$F_{\bar{H}} = F_{\bar{H}\bar{E}} + F_{\bar{H}\bar{C}}, \quad (33)$$

$$F_{\bar{H}} = 12 + 60 = 72 \text{ мм}^2.$$

Определяем общее количество проходов по формуле (4) [15]:

$$n_{\bar{H}} = \frac{72 - 12}{60} + 1 = 2,03, \text{ принимаем } n_{\bar{H}} = 2.$$

Уточняем площади F_{H3} с учетом принятого количества проходов по формуле (5) [15]:

$$F_{\bar{H}\bar{C}} = \frac{72 - 12}{2 - 1} = 60 \text{ мм}^2.$$

Рассчитываем диаметр электродной проволоки для корневого $d_{\text{ЭПК}}$, заполняющего $d_{\text{ЭПЗ}}$ проходов по соответствующим площадям $F_{HK}=12 \text{ мм}^2$ $F_{H3}=60 \text{ мм}^2$ по формулам (6) и (7), для сварки в нижнем положении принимаем

коэффициент $K_d=0,149\dots0,264$ [15]:

$$d_{\dot{Y}\dot{E}}^{\dot{A}} \geq (0,149\dots0,264) \cdot 12^{0,625} \geq 0,704\dots1,24 \text{ мм};$$

$$d_{\dot{Y}\dot{C}}^{\dot{A}} \geq (0,149\dots0,264) \cdot 55^{0,625} \geq 1,9\dots3,4 \text{ мм}.$$

С учетом ограничения для нижнего положения шва принимаем $d_{ЭП}=1,2$ мм.

Скорость сварки при вертикальном положении шва рассчитывается по $d_{ЭП}$ и F_{Hi} , для корневого $V_{\dot{N}\dot{E}}^{\dot{A}}$, заполняющих $V_{\dot{N}\dot{C}}^{\dot{A}}$ и подварочных $V_{\dot{N}\dot{I}}^{\dot{A}}$ проходов по формулам (9) и (10) [15]:

$$V_{\dot{N}\dot{E}}^{\dot{A}} \leq \frac{15,9 \cdot 1,2^2 + 67,4 \cdot 1,2^{1,5}}{12} \leq 9,29 \text{ мм/с};$$

$$V_{\dot{N}\dot{C}}^{\dot{A}} \leq \frac{15,9 \cdot 1,2^2 + 67,4 \cdot 1,2^{1,5}}{60} \leq 4,06 \text{ мм/с}.$$

С учетом ограничений в зависимости от уровня автоматизации процесса принимаем $V_{\dot{N}\dot{E}}^{\dot{A}} = 9$ мм/с, для заполняющих $V_{\dot{N}\dot{C}}^{\dot{A}} = 4$ мм/с [14].

Рассчитываем скорость подачи электродной проволоки по формулам (12) и (13) [15]:

$$V_{\dot{Y}\dot{E}} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 9}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot (1 - 0,1)} = 106 \text{ мм/с};$$

$$V_{\dot{Y}\dot{C}} = \frac{4 \cdot 60 \cdot 4}{3,14 \cdot 1,4^2 \cdot (1 - 0,1)} = 235 \text{ мм/с}.$$

Рассчитываем сварочный ток для корневого $I_{СК}$ и заполняющего $I_{СЗ}$ проходов при сварке на обратной полярности по формулам (15) и (16) [15]:

$$I_{\dot{N}\dot{E}}^+ = 1,2 \cdot (\sqrt{1450 \cdot 1,2 \cdot 106 + 145150} - 382) = 230 \text{ А};$$

$$I_{\dot{N}\dot{C}}^+ = 1,2 \cdot (\sqrt{1450 \cdot 1,2 \cdot 235 + 145150} - 382) = 434 \text{ А}.$$

Определяем напряжение сварки для корневого $U_{СК}$ и подварочного $U_{СП}$ проходов по формулам (18) и (19) [15]:

$$U_{\dot{N}\dot{E}} = 14 + 0,05 \cdot 230 = 25,5 \text{ В};$$

$$U_{\dot{N}\dot{C}} = 14 + 0,05 \cdot 424 = 37,5 \text{ В}.$$

Определяем расход углекислого газа для соответствующих проходов по формуле (21) и (22) [15]:

$$q_{\zeta\hat{A}\hat{E}} = 3,3 \cdot 1,0^{-3} \cdot 230^{0,75} = 0,19 \text{ л/с};$$

$$q_{\zeta\hat{A}\hat{C}} = 3,3 \cdot 1,0^{-3} \cdot 434^{0,75} = 0,31 \text{ л/с}.$$

Расчет режима дуговой сварки в углекислом газе шва № 7 (рисунок 7).

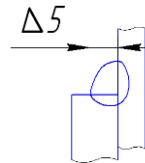


Рисунок 7 Шов У4 ГОСТ 14771-76

Определяем расчетную глубину проплавления по формуле (24) и (25):

$$\hat{E} \leq 1,2 \cdot 5 \leq 6,$$

$$h_D = 0,8 \cdot 6 = 4,8 \text{ мм}$$

Диаметр электродной проволоки определяем по формуле (26) [15]:

$$d_{\hat{Y}\hat{I}} = \sqrt[4]{4,8 \pm 0,05 \cdot 4,8} = 1,21 \dots 1,6 \text{ мм, принимаем } d_{\text{ЭП}} = 1,2 \text{ мм}.$$

Для расчета скорости сварки по формуле (27), выбираем коэффициент $K_V = 1060$ [15]:

$$V_C = 1060 \cdot \frac{4,8^{1,61}}{8,5^{3,36}} = 7,44 \text{ мм/с}.$$

Для расчета сварочного тока по формуле (2) для $d_{\text{ЭП}} = 1,2$ мм находим коэффициент $K_I = 430$ [15]:

$$I_C = 430 \cdot \frac{4,8^{1,32}}{8,5^{1,07}} = 271 \text{ А}.$$

При сварке в нижнем положении $I_C \leq 180 \cdot d_{\hat{Y}\hat{I}}^{1,5} \leq 510 \text{ А}$, следовательно $I_C = 271 \text{ А}$ находится в пределах допустимых значений.

Напряжение сварки находим по формуле (29) [15]:

$$U_C = 14 + 0,05 \cdot 271 = 28 \text{ В}.$$

Вылет электродной проволоки рассчитываем по формуле (30) [15]:

$$l_{\bar{A}} = 10 \cdot 1,2 \pm 2 \cdot 1,2 = 9,6 \dots 14,4 \text{ мм.}$$

Скорость подачи электродной проволоки рассчитываем по формуле (31):

$$V_{\bar{V}} = 0,53 \cdot \frac{271}{1,2^2} + 6,94 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{271^2}{1,2^3} = 394 \text{ мм/с.}$$

Расход защитного газа (CO₂) рассчитываем по формуле (32) [15]:

$$g_{\bar{C}\bar{A}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 271^{0,75} = 0,22 \text{ л/с.}$$

Расчет режима дуговой сварки в углекислом газе шва № 8 (рисунок 8).

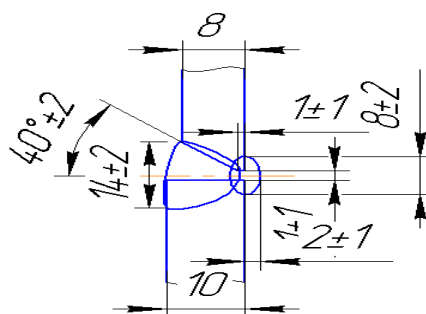


Рисунок 8 Шов С12 ГОСТ 14771-76

Ориентировочно площади корневого и заполняющего проходов при горизонтальном положении шва принимаем $F_{\text{НК}}=12 \text{ мм}^2$ и $F_{\text{НЗ}}=20 \text{ мм}^2$ [15].

Площадь подварочного прохода определяем по чертежу, используя формулу (2):

$$F_{\bar{H}} = 0,7 \cdot 8 \cdot 1 = 5,6 \text{ мм}^2.$$

Чтобы определить общее количество проходов, необходимо найти общую площадь наплавленного металла по формуле (3) [15]:

$$F_{\bar{H}} = 0,7 \cdot 14 \cdot 1 + 2 \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot (8 - 2)^2 \cdot \text{tg} 40^\circ = 49 \text{ мм}^2.$$

Определяем общее количество проходов по формулам (4) [15]:

$$n_{\bar{H}} = \frac{49 - 12 - 5,6}{20} + 1 + 1 = 2,13, \text{ принимаем } n_{\bar{H}} = 2.$$

Уточняем площади $F_{\text{НЗ}}$ с учетом принятого количества проходов по

формуле (5) [15]:

$$F_{iC} = \frac{49 - 12 - 5,6}{2 - 1 - 1} = 24,5 \text{ мм}^2.$$

Рассчитываем диаметр электродной проволоки по формулам (6), (7) и (8) для корневого $d_{ЭПК}$, заполняющего $d_{ЭПЗ}$ и подварочного $d_{ЭПП}$ проходов по соответствующим площадям $F_{HK}=12 \text{ мм}^2$, $F_{H3}=24,5 \text{ мм}^2$, $F_{HII}=5,6 \text{ мм}^2$, для сварки в горизонтальном положении принимаем коэффициент $K_d=0,184...0,326$.

$$d_{\dot{YIE}}^A \geq (0,184...0,326) \cdot 12^{0,625} \geq 0,869...1,54 \text{ мм};$$

$$d_{\dot{YIC}}^A \geq (0,184...0,326) \cdot 24,5^{0,625} \geq 1,35...2,4 \text{ мм};$$

$$d_{\dot{YII}}^A \geq (0,184...0,326) \cdot 5,6^{0,625} \geq 0,54...0,95 \text{ мм}.$$

С учетом ограничения для горизонтального положения шва принимаем $d_{ЭП}=1,2 \text{ мм}$.

Скорость сварки при горизонтальном положении шва рассчитывается по формулам (9), (10) и (11) по $d_{ЭП}$ и F_{Hi} , для корневого $V_{\dot{NE}}^A$, заполняющих $V_{\dot{NC}}^A$ и подварочных $V_{\dot{NI}}^A$ проходов [15]:

$$V_{\dot{NE}}^A \leq \frac{8,9 \cdot 1,2^2 + 50,6 \cdot 1,2^{1,5}}{12} \leq 6,61 \text{ мм/с};$$

$$V_{\dot{NC}}^A \leq \frac{8,9 \cdot 1,2^2 + 50,6 \cdot 1,2^{1,5}}{24,5} \leq 3,2 \text{ мм/с};$$

$$V_{\dot{NI}}^A \leq \frac{8,9 \cdot 1,2^2 + 50,6 \cdot 1,2^{1,5}}{5,6} \leq 10,1 \text{ мм/с}.$$

Сварку корневого прохода в горизонтальном положении желательно выполнять на мягком режиме, т.е. при пониженных значениях $I_{СК}$ и $V_{СК}$. Поэтому принимаем $V_{СК}=6 \text{ мм/с}$, для заполняющих $V_{СЗ}=4 \text{ мм/с}$, и подварочного $V_{СП}=10 \text{ мм/с}$.

Рассчитываем скорость подачи электродной проволоки по формулам (12), (13) и (14) [15]:

$$V_{\dot{YIE}} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 6}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot (1 - 0,1)} = 70,77 \text{ мм/с};$$

$$V_{\dot{Y}\zeta} = \frac{4 \cdot 24,5 \cdot 4}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot (1 - 0,1)} = 96,3 \text{ мм/с};$$

$$V_{\dot{Y}\eta} = \frac{4 \cdot 5,6 \cdot 10}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot (1 - 0,1)} = 55,2 \text{ мм/с}.$$

Рассчитываем сварочный ток по формулам (15), (16) и (17) для корневого $I_{СК}$, заполняющего $I_{СЗ}$, и подварочного $I_{СП}$ проходов при сварке на обратной полярности [15]:

$$I_{\dot{N}\hat{E}}^+ = 1,2 \cdot (\sqrt{1450 \cdot 1,2 \cdot 70,77 + 145150} - 382) = 163,22 \text{ А};$$

$$I_{\dot{N}\zeta}^+ = 1,2 \cdot (\sqrt{1450 \cdot 1,4 \cdot 96,3 + 145150} - 382) = 212,41 \text{ А};$$

$$I_{\dot{N}\eta}^+ = 1,2 \cdot (\sqrt{1450 \cdot 1,2 \cdot 55 + 145150} - 382) = 130,09 \text{ А}.$$

Определяем напряжение сварки для корневого $U_{СК}$, подварочного $U_{СП}$, заполняющего $U_{СЗ}$ проходов по формулам (18), (19) и (20) [15]:

$$U_{\dot{N}\hat{E}} = 14 + 0,05 \cdot 163,22 = 22,2 \text{ В};$$

$$U_{\dot{N}\zeta} = 14 + 0,05 \cdot 212,41 = 24,6 \text{ В};$$

$$U_{\dot{N}\eta} = 14 + 0,05 \cdot 130 = 20 \text{ В}.$$

Определяем расход углекислого газа для соответствующих проходов по формулам (21), (22) и (23) [15]:

$$q_{\dot{C}\hat{E}} = 3,3 \cdot 1,0^{-3} \cdot 163,2^{0,75} = 0,15 \text{ л/с};$$

$$q_{\dot{C}\zeta} = 3,3 \cdot 1,0^{-3} \cdot 212,41^{0,75} = 0,19 \text{ л/с};$$

$$q_{\dot{C}\eta} = 3,3 \cdot 1,0^{-3} \cdot 130,09^{0,75} = 0,16 \text{ л/с}.$$

Полученные результаты сводим в таблицу 8.

Таблица 8 – Расчетные параметры режимов сварки сварных швов

Тип шва	$d_{ЭП}$, мм	V_C , мм/с	I_C , А	U_C , В	$V_{ЭП}$, мм/с	$q_{ЗГ}$, л/с
С19	1,2	7	273	28	115	0,21
Н1-Δ6	1,2	9	351	32	173	0,26
Т3-Δ10	1,2	6,6	332	31	170	0,25

C21	1,2	6,6	189	23	85,6	0,167
H1-Δ4	1,2	10	280	28	217	0,2
У4-Δ5	1,2	7,4	271	27	294	0,22
C12	1,2	6,6	168	23	74	0,15

3.2.2 Технологический анализ выбранного производства

При разработке проекта в производстве изделия большое значение имеет определение целесообразных форм организации производственных процессов выпуска заданной продукции.

В зависимости от числа различных заданных видов изделий и повторяемости их изготовления может быть установлена принадлежность проектируемого цеха к определённому типу производства (единичное, мелкосерийное, крупносерийное, массовое). Однако не редко в одном цехе предусматривают организацию производства разных типов. Строгих границ между различными типами производств не существует [16].

Краткие характеристики перечисленных видов производств сводятся к следующему.

Единичное и мелкосерийное производство отличается большой и неустойчивой номенклатурой выпускаемых изделий. В производственном процессе применяют универсальное оборудование – «переналаживаемую оснастку». Отсутствует закрепление заготовок и деталей за оборудованием. В основном использует общецеховой транспорт.

В серийном производстве номенклатура выпускаемых изделий ограничена и достаточно устойчива. Изготовление изделий производят периодически повторяющимися сериями на специализированных участках. Применяют универсальное оборудование. Характерно применение простой и комбинированной оснастки. Используют общецеховой и напольный транспорт.

В крупносерийном производстве номенклатура выпускаемых изделий весьма ограничена и устойчива. Изделия производят периодически повторяющимися крупными сериями на специализированных участках, механизированных переменного-поточных линиях. Применяют специализированное оборудование, специальные приспособления. Широко используют подвесной и напольный транспорт [16].

Массовое производство отличается весьма устойчивой номенклатурой выпускаемой продукции, включающей один (редко два или три) тип изделия в большом количестве. Изделия производят с постоянным ритмом потока на комплексно-механизированных и автоматических поточных линиях с применением специализированного межоперационного транспорта.

На основании вышеизложенных характеристик и учитывая, что изготовление резервуаров производится согласно индивидуальным требованиям заказчика, что проектируемое производство относится к типу единичного [16].

3.2.3 Общая структура процесса изготовления сварной конструкции

Сооружение резервуара производится в соответствии с ПБ-03-605-03 «Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов» устанавливают общие технические требования к конструкции, устройству, изготовлению, монтажу, испытаниям вертикальных стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов, а так же требования направленные на обеспечение промышленной безопасности, предупреждение аварий, случаев производственного травматизма [8].

Весь комплекс работ по сооружению, испытанию и сдаче резервуара требуется производить в соответствии с проектом организации работ, рабочими чертежами, правилами охраны труда и техники безопасности, предписания пожарной охраны [8].

При подготовке конструкции к сборке в базовом варианте необходимо проводить механическую разделку кромок, и очищать от набрызгивания металл около зоны сварки, что полностью исключается в проектируемой технологии в результате применения специальных защитных покрытий.

Сборка РВС-5000 делится на три основных этапа:

- первый – сборка окраек и днища;
- второй – сборка стенки;
- третий – сборка крыши.

В зависимости от сложности изготовления конструкции различают три технологические схемы изготовления сварных конструкций [6]:

1. Сборка всего изделия с последующим выполнением всех швов.
2. Отдельная сборка и сварка каждого узла, а затем последовательная сборка и приварка узлов.
3. Последовательная сборка и сварка изделия.

По первой схеме изделие полностью собирается на прихватках, затем последовательно выполняются все сварные швы.

Вторая схема заключается в поузловой, то есть сначала изготавливаются все узлы и сборочные единицы изделия, а затем последовательно собираются и привариваются друг к другу.

Третья технологическая схема является комбинированной. Она сочетает в себе первую и вторую схемы. По этой схеме изготавливают все узлы, собирают, чтобы обеспечить последующее выполнение всех сварных швов, затем привариваются все остальные швы.

На предприятии ООО СГК в основном используют последовательную сборку и сварку резервуара.

1. Разметка основания днища. Разметку основания днища производят после приёмки основания-фундамента следующим образом. С помощью штыря вбитого в основание в центре резервуара, репера и рулетки наносят на основание резервуара металлической чертилкой две кольцевые риски:

1) $R_{\text{КОНТР}}$ – контрольная риска для монтажа окраек ($R_{\text{КОНТР}}=R_{\text{ОКР}}+30$ мм);

2) $R_{\text{ОКР}}$ – риска передних кромок окраек.

2. Подготовительные работы. Сборку окраек днища можно начинать после приемки основания-фундамента и разметки на основании кольцевых рисков: внешней кромки окраек и контрольной риски положения окраек.

На монтажной площадке, до начала монтажа проводят следующие работы:

Проверка соответствия геометрических размеров окраек проектными чистота кромок под сварку.

На обеих торцевых кромках каждой окрайки приваривают по две сборочные шайбы под скобу С1.

На одной торцевой кромке каждой окрайки находится подкладка под стык. Эти окрайки поставляются с завода сразу с подкладками. Смещение кромок не должно превышать $1\pm 0,5$ мм при плотности прилегания к подкладным полосам с зазором не более 0,5 мм. Вмятины на окрайках, в зоне расположения стенки, не допускаются.

3. Монтаж окраек. Монтаж окраек осуществляется от оси IV в сторону оси I (от оси IV в сторону оси III) с использованием крана ДЭК-631.

Разложить окрайки по риску $R_{\text{ОКР}}$ и собрать их встык на остающейся подкладке с клиновидным зазором, расширяющимся по направлению к центру резервуара, для предотвращения закрытия зазора от усадки при сварке стенки с окрайками днища.

Заварить стыки между окрайками на длине 250 мм. Сварку окраек ведут 4 сварщика, равномерно расположенных противоположно по окружности и перемещающихся по мере сварки стыков в одном направлении. Проверить качество заваренных участков сварных швов окраек днища на длине 250 мм от наружной кромки радиографией в объеме 100 %.

4. Подготовка к установке рулонов днища. Вынести с помощью стального штыря и проволоки на окрайки контрольные риски главных осей

резервуара и зафиксировать их яркой масляной краской.

5. Порядок работ по сборке днища. Установить рулон на основание резервуара в вертикальное положение, при этом начальный участок полотна должен быть прижат к днищу рулоном.

6. Подъем рулона стенки в вертикальное положение. Подготовка к подъему:

1) подготовить площадку для перемещения крана ДЭК-631, обеспечив: горизонтальность площадки (отклонение не более 1°), обозначить путь движения крана и положения промежуточных остановок, а так же путь движения тормозного трактора;

2) накатить рулон на фундамент;

3) установить рулон в исходное для подъема положение: поднять краном нижний конец рулона, завести шарнир под нижний конец рулона и опустить рулон в ложе шарнира, притом торец рулона должен плотно прилегать к вертикальному листу ложа, а продольные оси шарнира к рулону должны быть взаимно перпендикулярны, закрепить рулон к шарниру канатом с талрепом, приварить шарнир к днищу, приподнять верхний конец рулона завести под него шпальную клеть установленную на листе и опустить рулон на клинья, ранее закрепленные к шпальной клетки;

4) установить на рулоне трубу жесткости, навесить лестницу;

5) приварить поддон к каркасу рулона с внутренней стороны;

7. Подъем рулона. Рулон стенки поднимают краном ДЭК-631. Для обеспечения нормальной работы площадка для крана должна иметь несущую способность не менее 0,6 мПа с уклоном не более 1° .

Подъем рулона производят, чередуя операции: подъем полиспаста крана до отклонения его от вертикали на 2° (допустимый угол) контролируется по рискам на угловом секторе, приваренном к шарниру; перемещение крана до отклонения полиспаста в противоположную сторону от вертикали на 2° контролируется по отметкам на шнуре, натянутом вдоль пути перемещения

крана.

При достижении рулоном положения неустойчивого равновесия включают в работу тормозной трактор, которым плавно устанавливают его в вертикальное положение.

Подъем рулона полиспастом крана с одновременным контролем допустимого отклонения полиспаста (2° от вертикали) по соответствующей риске на угловом секторе.

Подъем прекратить когда стрелка совместится с очередной риской на угловом секторе.

8. Монтаж центральной стойки. Провести сборку стойки на сварочной площадке:

1) установить центральное кольцо в сборе с фланцем, при этом зазор между ребрами стойки и патрубком центрального кольца должен быть не более $3\div 4$ мм;

2) установить лестницу: приварить к центральному кольцу 3 кронштейна для крепления отвесов, при этом один из кронштейнов приварить под одной из вертикальных пластин центрального кольца, расположенной около установленной лестницы;

3) установить на центральном кольце временное ограждение;

4) прикрепить расчалки;

5) установить кран в исходное для подъема положение и произвести строповку стойки.

Произвести подъем стойки в вертикальное положение, следя за отклонением полиспаста крана, которое должно быть не менее 2° , затем поворотом стрелы установить стойку таким образом, чтобы отвес, расположенный у лестницы совпал с точкой «К» нанесённой на днище. Затем закрепить стойку расчалками, проверив вертикальность стойки по отвесам.

9. Развертывание рулона стенки:

1) приварить на днище по кольцевой риске R_1 ограничительные уголки

с шагом 300 мм;

2) установить рулон на днище так, чтобы после срезки удерживающих планок вертикальная кромка располагалась согласно разметке;

3) до срезки удерживающих планок для предотвращения самопроизвольного разпушивания рулон обмотать несколькими витками каната (удлинительной расчалкой – диаметр 16 мм) закрепленного одним концом к трубе жесткости а вторым к крюку трактора;

4) для срезки удерживающих планок навесить на рулон навесную лестницу со стороны противоположной освобождающейся кромки полотнища, последние планки срезать стоя на днище со стороны противоположной разворачиванию;

5) ослабляя напряжение каната дать возможность рулону распушиться не более чем на 30% от диаметра рулона.

6) закрепить начальный участок полотнища к днищу приваркой косынки на расстоянии 1500 мм от вертикальной кромки;

7) проверить вертикальность кромки полотнища по отвесу, закрепленному к трубе жесткости и зафиксировать полотнище в этом положении тремя расчалками;

8) приварить к рулону тяговую скобу и трактором развернуть часть полотнища, достаточного для установки начального щита (1/6 часть окружности);

9) между рулоном и полотнищем установить клиновой упор, а затем установить монтажную стойку;

10) по мере разворачивания полотнища производить прихватку стенки к днищу (в местах неплотного прилегания стенки к ограничительным уголкам произвести прижатие с помощью клина или реечного домкрата) и установку щитов покрытия;

11) после установки начального щита развернуть следующий участок полотнища, повторяя вышеуказанные операции, сварка уторного шва;

12) при развертывании рулона мешающие расчалки монтажной стойки укоротить и переставить якоря на днище.

10. Монтаж щитов покрытия. На каждом щите вдоль периферийной кромки установить участок проектного ограждения (где не предусмотрено проектное установить временное) на начальном щите установить временное радиальное ограждение.

Приварить вершину щита к центральному щиту.

Произвести стыковку щита со стенкой на всем периметре щита.

Закончить приварку щита к стенке.

11. Монтаж промежуточных щитов. Переместить монтажную стойку для установки следующего щита.

Установить щит в проектное положение, выполняя те же работы что и на монтаже начального щита покрытия. Выход на промежуточный щит допускается только после выполнения всех работ по пунктам монтажа начального щита покрытия и сборки на прихватках 2,5-50/250 мм радиального стыка. Монтаж остальных щитов выполнить аналогичным путем.

12. Формообразование концов полотнища стенки резервуара. Формообразованию (правке) подлежит нижний конец стенки резервуара, имеющий толщину более 7 мм.

Конечную кромку полотнища править аналогично. При этом необходимо оттянуть и закрепить начальную кромку полотнища канатом к якорю.

13. Замыкание вертикального стыка. Замыкание вертикального стыка производить только после правки смежных концов полотнищ в последовательности.

Приварить на конечной кромке полотнища, на высоте 300 мм от днища упор ограничивающий величину нахлеста полотнища.

Приварить на начальной кромке полотнища тяговую скобу и натащить полотнище до упора в ограничитель нахлеста. Вывести домкратом (клином) нижние

кромки полотнища за проектную риску R 10470 мм и зафиксировать это положение приваркой пластин.

Произвести сборку стыка на стяжных приспособлениях (в необходимых местах), а затем сварку.

К демонтажу стойки приступить только после полной сварки покрытия в следующей последовательности:

14. Контроль сварных швов, выполненных на монтаже, осуществляется следующими методами [17]:

- 1) внешним осмотром и измерениями по РД 03-606-03 [18];
- 2) радиографический контроль по ГОСТ 7512-82 [19];
- 3) вакуумированием (вакуумрамкой).

Перед выполнением контроля необходимо очистить шов и прилегающие к нему участки на ширину 20 мм по обе стороны от оси шва от шлака, брызг, наплавленного металла и других загрязнений.

По форме и размерам швы должны соответствовать проекту.

Швы должны иметь гладкую и равномерно чешуйчатую поверхность (высота и глубина впадин не должна превышать 1 мм).

Металл шва должен иметь плавное сопряжение с основным металлом.

Швы не должны иметь недопустимых внешних дефектов.

К недопустимым внешним дефектам сварных соединений резервуарных конструкций относятся трещины любых видов и размеров, несплавления, наплывы, грубая чешуйчатость, наружные поры и цепочки пор, прожоги, свищи, подрезы основного металла. Длина подреза не должна превышать 10 % длины шва.

Радиографический контроль выполняется только после приемки сварных соединений по визуальному контролю [19].

Снимки должны иметь длину не менее 240 мм, а ширину – согласно ГОСТ 23055-78. Чувствительность снимков должна соответствовать 3 классу сварных соединений по ГОСТ 7512-79.

Количество и размещение рентгенограмм устанавливается следующим

образом:

1) полотнища стенок резервуаров должны контролироваться в соответствии с таблицей;

2) монтажные стыки полотнищ стенок должны контролироваться в объеме 100 % вертикальных швов и всех пересечений вертикальных и горизонтальных швов.

Квалификация дефектоскопистов при радиографическом контроле должна быть не ниже 4-го уровня. Просмотр и расшифровка рентгеновских пленок должны производиться специалистом не ниже второго уровня по ISO 9001.

При вакуумном способе контроля герметичности сварных швов вакуумкамеры должны создавать разряжение над контролируемым участком с перепадом давления не менее 250 мм вод. ст. Перепад давления должен измеряться вакуумметром. Неплотность сварного шва обнаруживается по образованию пузырьков в нанесенном на сварное соединение мыльном пенообразующем растворе [20].

Допускается не производить контроль на герметичность стыковых соединений листов стенки толщиной 12 мм и более.

Дефекты, обнаруженные при различных методах контроля, должны быть исправлены.

Удаление внутренних дефектов шва, наружных и сквозных трещин выполнять с помощью шлифмашинок.

Исправления наружных и внутренних дефектов должны выполнять сварщики не ниже 6-го разряда, имеющие опыт по устранению дефектов в швах.

При исправлении дефектов применять сварочные материалы, которые использовались для сварки данного шва.

После исправления участок шва повторно проконтролировать.

Разрешается исправление одного и того же участка шва не более двух раз. Сведения об исправлении дефектов и количестве исправлений заносить в сварочный журнал.

3.2.4 Сравнительная оценка вариантов технологического процесса изготовления изделия и выбор оптимального

Весь технологический процесс представляет собой последовательность взаимосвязанных операций.

В предлагаемом технологическом процессе предлагается при сварке днища резервуара использовать сварочную каретку для механизированной сварки. Также предлагается замена вакуумного метода контроля на капиллярный контроль проникающими веществами.

3.2.5 Выбор технологического оборудования

На площадке монтажа резервуара стального вертикального используется сварочного полуавтомата KPS 4500 MVU Weld Force.

Кемппи – серия прочных полуавтоматов Weld Force MIG/MAG для высокопроизводительной сварки в сложных полевых условиях. Установки снабжены надежным проволокоподающим механизмом, и включают в себе последнюю сварочную технологию с цифровым управлением. Характеристики дуги аппаратов Weld Force MIG/MAG отображают многосторонность установок и широкие возможности управления сварочным процессом. Модульная структура установок позволит выбрать комплекты, по индивидуальным требованиям. Новые проволокоподающие устройства серии Weld Force представляют новый уровень дизайна и конструкции. Ударопрочные полиэтиленовые каркасы Кемппи обеспечивают максимальную защиту [21].

Установки Weld Force (рисунок 9) позволяют использовать широкий выбор присадочных материалов и защитных газов, а также точную регулировку дуги для самых различных работ.

Weld Force имеет возможность регулировки начала и конца сварки; т.н. горячий пуск, нарастание тока в начале и заварка кратера в конце, что создает

удобство при высоком темпе работы и частых изменениях типа шва. Weld Force Synergic позволяет применение 46-ти синергетических программ, и каналы памяти гарантируют сохранение комбинаций оптимальных сварочных параметров [21].

Преимущества:

- 1) легкость применения;
- 2) легкий вес, компактная, модульная конструкция;
- 3) универсальность.

Программы синергических режимов сварки для наиболее часто используемых материалов [21].



Рисунок 9 Общий вид KPS 4500 MVU Weld Force

Технические характеристики полуавтомата KPS 4500 MVU Weld Force указаны в таблице 9 [21].

Таблица 9 – Характеристики полуавтомата KPS 4500 MVU Weld Force [21]

Наименование параметра	Значение		
Напряжение питающей сети, В	230/380		
Частота питающей сети, Гц	50/60		
Номинальный сварочный ток, А (при ПВ, %)	450(60)	420(80)	380(100)
Пределы регулирования сварочного тока, А	10÷420		
Напряжение холостого хода, В	65		
Сетевой кабель/предохранитель инерт.	4x6S-5m/50A		
Габаритные размеры (ДxШxВ), мм	690x230x630		
Масса, кг, не более	49		

Дополнительно предлагается использовать сварочную каретку фирмы Profsvag (рисунок 10) [22].

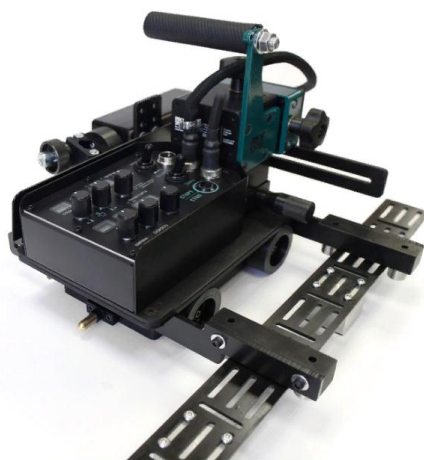


Рисунок 10 Каретка сварочная

Каретка имеет модульную конструкцию. Верхняя часть – блок управления с платами управления, двигателем и салазками для точного позиционирования сварочной горелки по вертикали и горизонтали (± 40 мм), держателями горелок с механизмом поперечных колебаний или без него. Нижняя часть – шасси на колесах, на жесткой рейке (рисунок 11) [22].

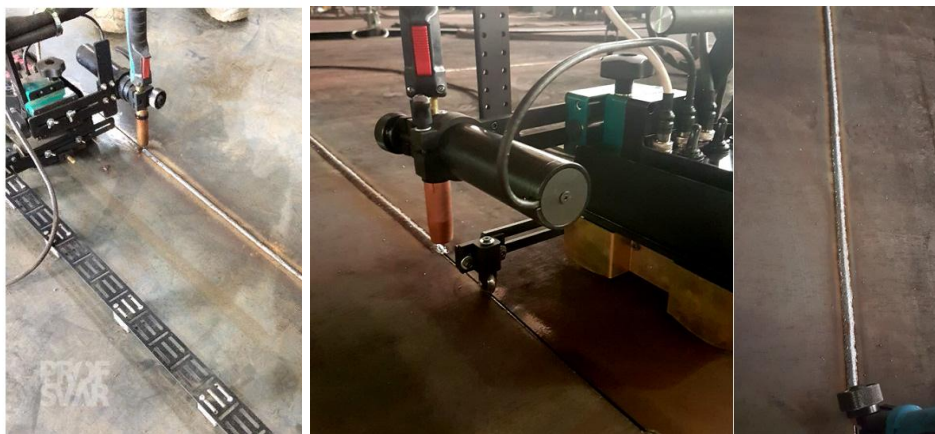


Рисунок 11 Каретка сварочная на монтаже резервуара

3.2.6 Контроль технологических операций

Для обеспечения высокого качества сварных швов резервуара необходимо производить контроль качества работ на всех операциях:

1. Входной контроль материала.
2. Подготовка соединений под сварку.
3. Выполнения процесса сварки.
4. Соблюдение технологических рекомендаций по сборке и сварке.

Качество выполненных сварных швов проверяют следующими способами:

- 1) наружным осмотром и измерением швов по РД 03-606-03 [23];
- 2) радиографический контроль вертикальных и горизонтальных швов по ГОСТ 7512-85;
- 3) контроль вакуумированием.

Визуальный и измерительный контроль материалов на стадии входного контроля выполняют при поступлении материала (полуфабрикатов, заготовок, деталей) в организацию с целью подтверждения его соответствия требованиям стандартов, технических условий (далее ТУ), конструкторской документации и Правилам.

Визуальный и измерительный контроль материалов (заготовок, полуфабрикатов, деталей) на стадии входного контроля, изготовления деталей

и сборочных единиц и при подготовке их к сборке проводят с целью выявления деформаций, поверхностных трещин, расслоений, закатов, забоин, рисок, раковин и других несплошностей; проверки геометрических размеров заготовок, полуфабрикатов и деталей; проверки допустимости выявленных деформаций и поверхностных несплошностей [23].

Визуальный и измерительный контроль изготовления деталей и сборочных единиц, подготовки их к сборке и сварке выполняют с целью подтверждения соответствия качества их изготовления и подготовки требованиям рабочих чертежей, технологии изготовления (технологии сборки,гиба), и прочей производственно-технологической документации (далее ПТД), требованиям нормативной технической документации (далее НД), ТУ на изготовление и Правил.

Визуальный и измерительный контроль при сборке свариваемых элементов (заготовок, полуфабрикатов, деталей) проводят с целью выявления и проверки обеспечения допустимых размеров зазоров, смещений кромок, формы и размеров кромок и геометрического положения (излома или перпендикулярности) осей и поверхностей собранных элементов [23].

Визуальный и измерительный контроль качества сварных соединений (наплавки) в процессе сварки (наплавки) и готового сварного соединения (наплавки) выполняют с целью подтверждения их соответствия требованиям конструкторской документации.

Внешним осмотром проверяют качество подготовки и сборки заготовок под сварку, выполнения швов в процессе сварки и готовых сварных швов.

При визуальном и измерительном контроле сварных соединений контролируемая зона должна включать в себя поверхность металла шва, а также примыкающие к нему участки материала в обе стороны от шва шириной: не менее 5 мм – для стыковых соединений, выполненных дуговой и электронно-лучевой сваркой, не менее 5 мм (независимо от номинальной толщины сваренных деталей) – для угловых, тавровых, торцевых и

нахлесточных сварных соединений и соединений вварки труб в трубные доски, выполненных дуговой и электроннолучевой сваркой.

Дефекты, выявленные при визуальном и, измерительном контроле, должны быть устранены до выполнения последующей технологической операции или до приемки объекта контроля. Устранение выявленных дефектов должно выполняться в соответствии с требованиями ПТД. Если дефекты, выявленные при визуальном и измерительном контроле, не препятствуют дальнейшему применению других видов (методов) неразрушающего контроля, эти дефекты могут быть устранены после завершения контроля другими видами (методами) контроля [23].

Внешним осмотром контролируются все сварные швы независимо от применения других методов контроля.

При проведении визуального и измерительного контроля дефектоскопист выполняет последовательность действия согласно технологической инструкции (приложение А), заполняет технологическую карту (приложение Б) и пишет заключение (приложение В).

Для проверки правильности формы и геометрических размеров изделия, а так же размеров сварного шва и выявления наружных дефектов применяют следующие инструменты:

- штангенциркуль двухсторонний с глубиномером ШЦ-II-250-0,1;
- линейка измерительная металлическая Л-300;
- рулетка в закрытом корпусе самосвертывающаяся РЗ-2 по ГОСТ 7502-82;
- лупа измерительная ЛИ-1-10Х по ГОСТ 25706-83;
- набор щупов № 1, 2, 3 по ТУ 2-034-225-87;
- образец шероховатости по ГОСТ 9378-93.

Радиационный метод контроля, а именно рентгенография основана на изменении рентгеновского излучения в результате потери части энергии при прохождении материала в зависимости от его плотности и толщины.

Оптическая плотность почернения рентгенографической пленки зависит от дозы ионизирующего излучения, поэтому она больше на участках, перекрытыми менее плотными местами контролируемого объекта. Это могут быть поры, шлаковые и окисные включения и другие дефекты.

При проведение радиационного метода контроля дефектоскопист выполняет последовательность действия согласно технологической инструкции (приложение Г), заполняет технологическую карту (приложение Д) и пишет заключение (приложение Е).

Для контроля применяется рентген аппарат Арина-5 (рисунок 12) [19].

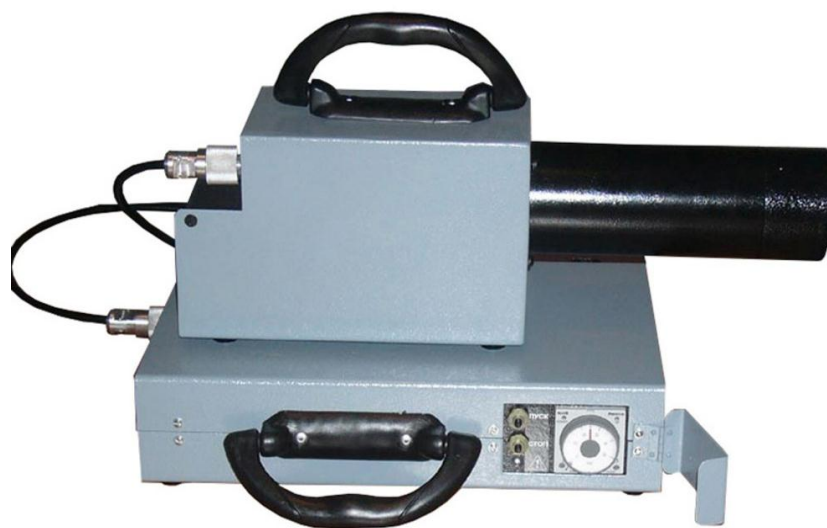


Рисунок 12 Рентген аппарат Арина-5

Техническая характеристика рентгеновского аппарата Арина-5 представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Техническая характеристика аппарата Арина-5 [24]

Параметры	Значение
Рабочее напряжение на рентгеновской трубке, кВ	250
Максимальная толщина просвечиваемой стали, мм	60
Диаметр фокусного пятна, мм	2

Питание	220 В; 24 В; 50 Гц
Диапазон экспозиций, с	7...300
Доза излучения за 1 минуту на расстоянии 0,5 м от рентгеновской трубки, Р/мин	1
Частота следования рентгеновских импульсов, Гц	12±15
Потребляемая мощность, Вт	300
Вес излучателя, кг	7,5
Вес пульта управления, кг	5
Габариты излучателя, мм	120x140x550
Габариты пульта управления, мм	120x320x330

Вакуумный метод заключается в следующем. Проверяемый участок сварного соединения смачивают мыльным раствором и на него устанавливают вакуум-камеру. Верх камеры сделан из плексигласа, а по контуру нижней части прикреплена прокладка из мягкой резины. С помощью вакуум-насоса в камере создается разрежение, вследствие чего она плотно по контуру резиновой прокладки прижимается атмосферным давлением к изделию [20].

Благодаря созданной разности давлений по обе стороны участка сварного соединения атмосферный воздух проникает через неплотности шва в вакуум-камеру, при этом появляются мыльные пузырьки, видимые через прозрачную часть камеры. Места неплотности отмечают мелом на металле рядом с камерой. Обнаруженные дефекты устраняют, после чего эти места повторно испытывают.

Вакуумный метод позволяет обнаружить отдельные поры диаметром до $0,004 \div 0,005$ мм, а производительность при его использовании достигает 40 ± 60 м сварных швов в час [20].

Однако у данного метода контроля существует ряд недостатков препятствующих его использованию:

- субъективность оценки;
- большая трудоемкость и длительность испытания;
- низкая чувствительность.

В результате этого предлагается заменить данный метод контроля на капиллярный контроль (цветная дефектоскопия).

Сущность метода заключается в том, что выявление дефекта осуществляется с помощью растворов красящих веществ, проникающих вглубь дефекта. В отличие от люминесцентных методов цветные методы контроля не требуют источников ультрафиолетовых лучей и позволяют определять поверхностные дефекты в материалах и изделиях при обычном дневном свете. Эта особенность цветных методов делает их наиболее приемлемыми для использования в полевых условиях. Эти методы применяются при контроле сварных соединений для выявления различных дефектов сварки [25].

При проведении капиллярного метода контроля дефектоскопист выполняет последовательность действия согласно технологической инструкции (приложение Ж), заполняет технологическую карту (приложение З) и пишет заключение (приложение И).

3.3 Конструкторский расчет

3.3.1 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений

При изготовлении резервуара применяют следующие приспособления: струбцины, стяги, блоки, лебедки, домкраты, кронштейн для расчалок, шарнир для подъема рулона, скоба, хомуты с цапфой, упоры и др.

Лебедки и блоки относятся к простейшим грузоподъемным приспособлениям. Принцип работы лебедки основан на протягивании каната через тяговой механизм. С помощью лебедок можно производить подъем грузов на высоту от 10 до 300 м. Они обычно используются в сочетании с

блоками, что увеличивает их тяговую силу. Основными узлами являются: барабан, на который наматывается канат, передающий тяговое усилие лебедки к грузу, приводной вал с рукояткой, через который усилие рабочего через зубчатую передачу передается барабану; крановый механизм, удерживающий груз в поднятом положении; тормозное устройство, обеспечивающее плавное опускание груза [11].

Домкраты при изготовлении резервуара применяют для прижатия стенки к ограничительным уголкам до полного прилегания.

Домкраты – переносные грузоподъемные механизмы, предназначенные для подъема груза на небольшую высоту.

Скобы, стяжки, расчалки, струбцины являются простейшими сборочными приспособлениями.

Струбцина обычно состоит из корпуса и винтового прижима.

Стяги представляют собой два уголка, приваренные к листам, и болта с гайкой.

Уголки приваривают к листам, которые необходимо стянуть и состыковать между собой. В уголках есть отверстия, в которые вставляются болт и, с помощью гайки, стягивает уголки.

Расчалка представляет собой трос, по обоим концам которого прикреплены захватные устройства (крюки), которые при растягивании фиксируют изделие в нужном положении.

Все вышеперечисленные приспособления применяются при изготовлении резервуара вертикального стального на разных этапах сборки. На рисунке 13 показаны козлы для демонтажа монтажной стойки.

На рисунке 14 показано приспособление для формообразования кромок полотнища стенки резервуара.

На рисунке 15 показано устройство для раскатки рулонов.

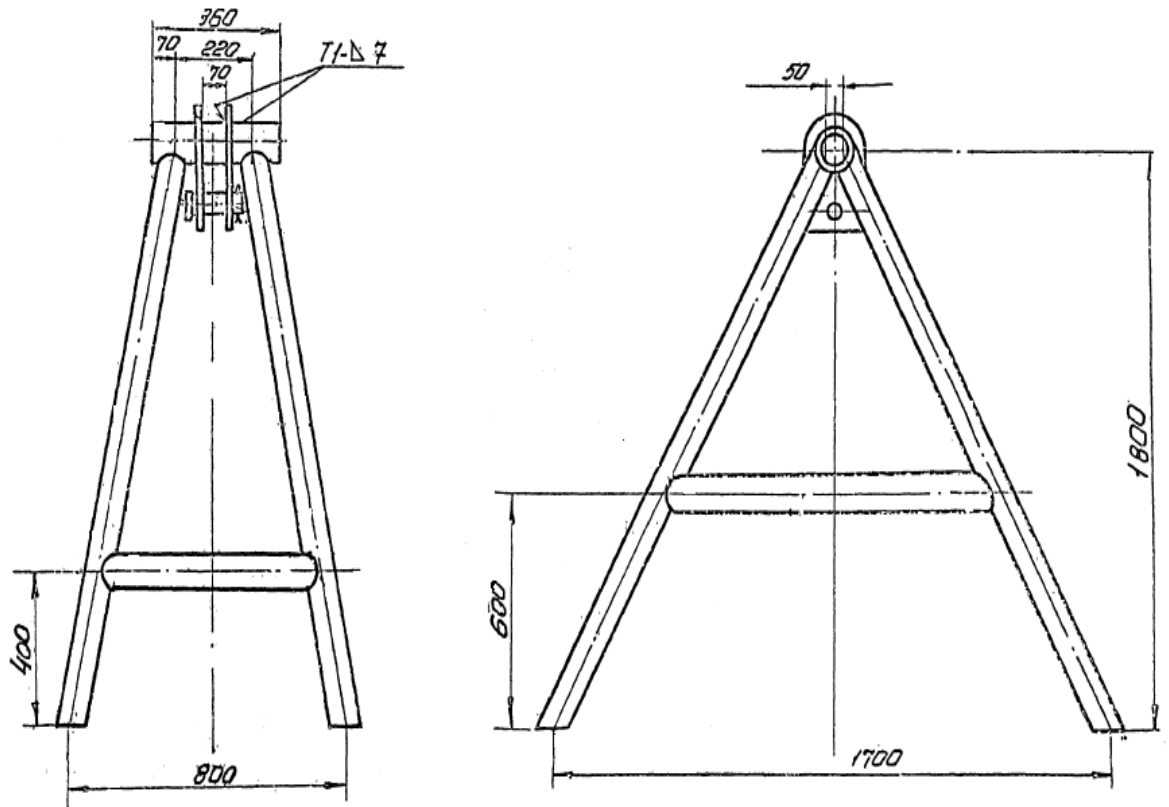


Рисунок 13 Козлы для демонтажа монтажной стойки

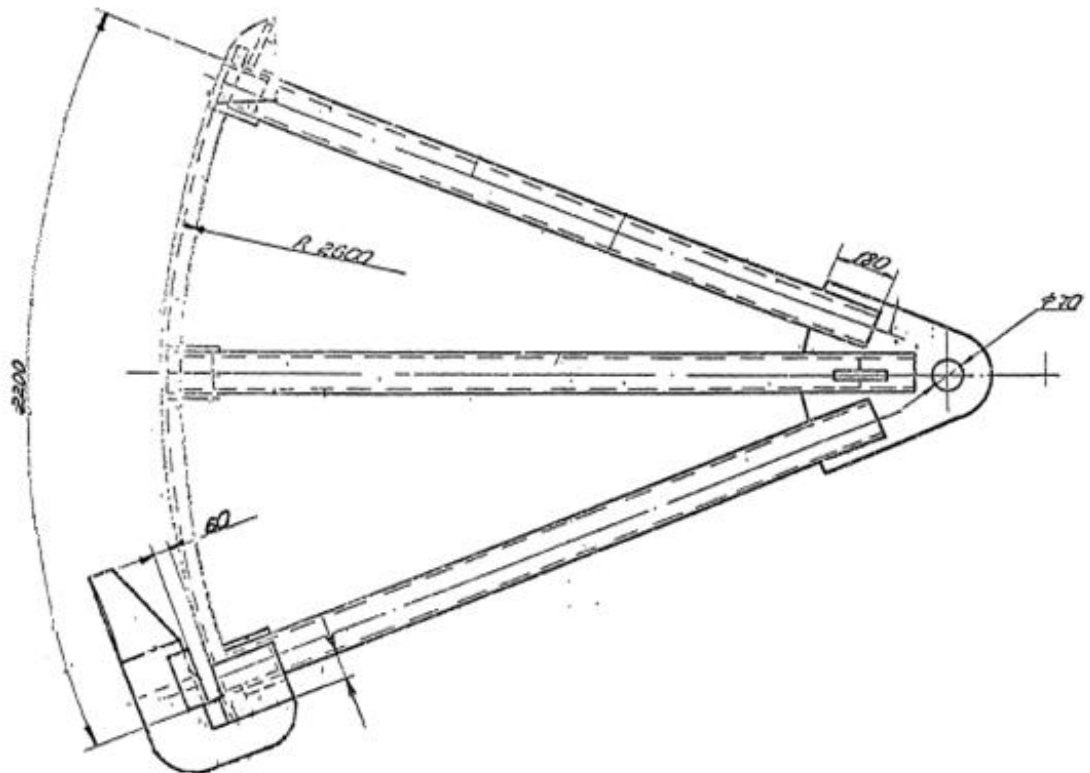


Рисунок 14 Приспособление для формообразование кромок

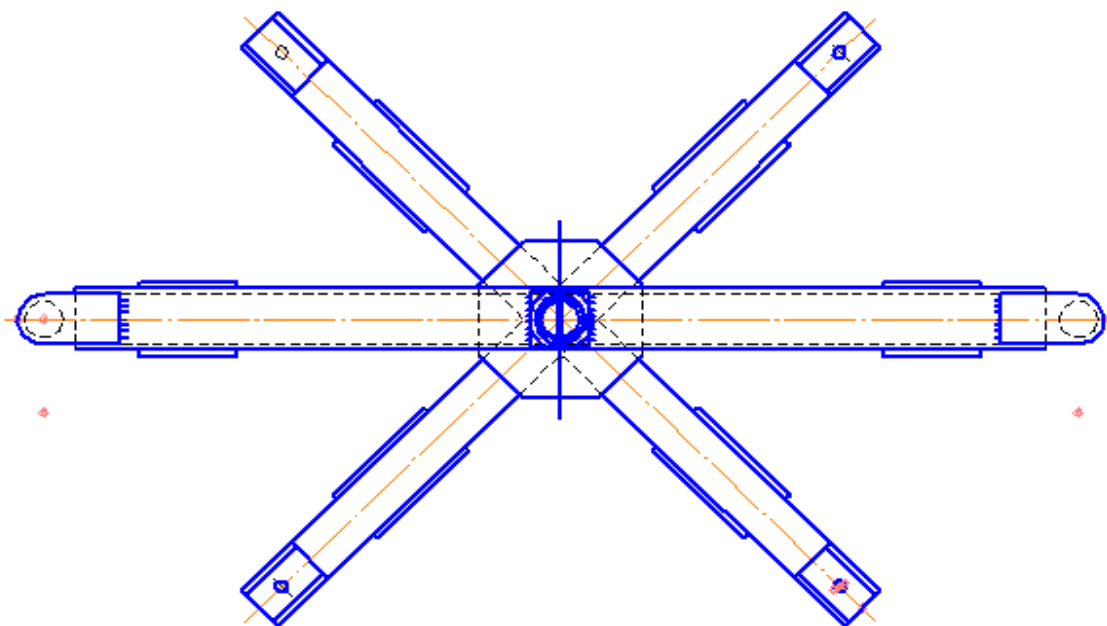


Рисунок 15 Устройство для раскатки рулонов

3.4 Эргономическое проектирование

3.4.1 Состав монтажной площадки

Монтаж резервуара вертикального стального цилиндрического производится на монтажной площадке. На монтажную площадку сборочные единицы поставляются в виде рулонных заготовок, которые производятся на заводе в заводских условиях [11].

До начала монтажа резервуара должны быть выполнены все работы по устройству площадки монтажной. В первую очередь выполняются все работы по устройству основания (фундамента). Необходимо произвести вертикальную планировку под строительство РВС, площадка должна быть очищена от строительного мусора и посторонних предметов. На площадку должны быть подведены временные автодороги для подвоза м/к, материалов, движения кранов, грузовых автомашин и выполнены дороги вокруг фундаментов резервуаров. Возле каждого резервуара должны быть организованы площадки

для промежуточного складирования, укрупнения и подготовки к монтажу конструкций резервуаров. Площадки для складирования м/к должны быть подготовлены к началу монтажа резервуаров.

Покрытие площадок должно иметь песчаную подсыпку с уплотнением и выдерживать нагрузку от монтажных кранов, движения грузовых автомашин и складирования м/к.

Так же должен быть обеспечен водоотвод со строительных площадок и от автодорог. На площадке организовывается монтажный городок, на территории которого устанавливаются инвентарные помещения. Все помещения обеспечиваются электроэнергией. Отопление – электрическое. В бытовых помещениях вода – привозная. Питание рабочих организуется в специализированной столовой, имеющих соответствующую лицензию.

На монтажной площадке проложить кабель для обеспечения электроэнергией. Кабель проложить на низких опорах. В местах пересечения автодорог кабель защитить металлическими трубами.

От распределительных щитов до мест производства работ выполнить кабельную разводку в объеме необходимом для проведения работ электропотребителей [11].

Монтажная организация обязана выполнять требования мероприятий по экологии соответствующих разделов ПОС и ППР. Количество отходов от монтажа и сварки металлоконструкций составляет – 7% от веса РВС. Упаковка от м/к РВС является контейнерами для их перевозки. После освобождения от м/к упаковка должна быть вывезена на лицензированный полигон для утилизации или приемный пункт металлолома для переработки.

Оборудование и оснастка для выполнения производственного процесса, предусмотренного в проекте участка, являются одними из основных элементов проектируемого производства. Количество этого оборудования представлено в таблице 11.

Таблица 11 – Оборудование для сборки и сварки РВС

Наименование видов оборудования	Тип, марка	Количество, шт.
Источник питания	KPS4500 MVU	4
Каретка сварочная	Profsva	1
Шлифмашина	Bosch 14-125 C	8
Гусеничный кран	ДЭК-631	1
Рентгеновский аппарат	Арина-5	1
Дизельный генератор	SDMO J 300K	1

3.4.2 Определение необходимого количества производственного оборудования

В сварочном производстве всех рабочих делят на группы: основные производственные рабочие; вспомогательные рабочие; инженерно-технические работники; служащие; младший обслуживающий персонал.

Так как для определения количественного состава оборудования и рабочих, занятых при сборке, сварке и контроле качества вертикального цилиндрического резервуара известные методики не подходят в дальнейших расчетах будем принимать данные ООО «Стройгазконсалдинг» регламентированные документами предприятия на основании строительных стандартов и правил.

Для осуществления сборки резервуара была задействована бригада в составе 17 человек, количество работников при строительстве резервуара вертикального стального РВС-5000 представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Количество работников

№	Наименование должности	Количество, шт.
1	Сварщик	4

Продолжение таблицы 12

2	Сборщик (стропальщик)	8
3	Крановщик	1
4	Дефектоскопист	2
5	ИТР	1
6	Тракторист	1
ИТОГО:		17

Экономическая часть выпускной квалификационной работы должна содержать три раздела:

1. Расчет объема капитальных вложений;
2. Расчет себестоимости продукции;
3. Экономическое обоснование технологического проекта.

Затраты, издержки, себестоимость являются важнейшими экономическими категориями. Их уровень во многом определяет величину прибыли и рентабельность предприятия, эффективность его хозяйственной деятельности. Снижение и оптимизация затрат являются одним из основных направлений совершенствования экономической деятельности затрат являются одним из основных направлений совершенствования экономической деятельности каждого предприятия [26].

Затраты на производство и реализацию продукции (работ, услуг) представляют собой расходы предприятия, выраженные в денежной форме и связанные с использованием в процессе производства сырья и материалов, комплектующих изделий, топлива, энергии, труда, основных фондов, нематериальных активов и других затрат некапитального характера. Они включают в себестоимость выпускаемой продукции, уровень которой определяет объем прибыли, рентабельность продукции и капитала, а также другие конечные показатели финансово-экономической деятельности предприятия.

Классификация затрат по статьям калькуляции позволяет определить себестоимость единицы продукции, распределить затраты по ассортиментным группам, производственным подразделениям, аппарату управления, выявить резервы снижения затрат. Калькуляционный принцип группировки затрат лежит в основе построения плана счетов бухгалтерского учета. Отчетность

также составляется и анализируется преимущественно по статьям калькуляции.

При группировке по статьям калькуляции затрат объединяются по направлениям их использования, по месту их возникновения: непосредственно в процессе изготовления продукции, в обслуживании производства, в управлении предприятием и т.д.

Расчет себестоимости единицы конкретного вида продукции или работ осуществляется посредством калькулирования по установленным статьям затрат. Различают: плановую, нормативную, сметную и фактическую калькуляции.

Плановая калькуляция отражает планируемые затраты на изготовление продукции на предстоящий период. Нормативная калькуляция включает затраты, исчисленные на базе установленных (как правило, оптимальных, желаемых для достижения) норм материальных и трудовых затрат и смет по обслуживанию производства. Сметные калькуляции разрабатываются на новую продукцию, впервые выпускаемую предприятием, которая требует разработки соответствующей нормативной базы. Фактическая калькуляция – это отчетная калькуляция, отражающая общую сумму фактически используемых затрат на производство и реализацию продукции [26].

При разработке калькуляции на единицу продукции затраты подразделяются на прямые и косвенные.

Прямые материальные затраты включаются в себестоимость на основе установленных норм расхода и цен на данный вид ресурса, поэтому непосредственно отнесены на изготавливаемую продукцию и поэтому рассчитываются как на весь объем продукции, так и на единицу продукции.

После определения возможного набора прямых затрат все остальные расходы образуют косвенные затраты и распределяются между всеми видами продукции пропорционально выбранной базе. К косвенным затратам относят общепроизводственные, общецеховые, коммерческие и административные (накладные) расходы и т.д. Для определения объема косвенных затрат

предварительно разрабатываются сметы вспомогательных и обслуживающих цехов, расходов на управление и др. На их основе планируются затраты по комплексным статьям калькуляции: расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, цеховые и общепроизводственные расходы, расходы на подготовку нового производства. Эти затраты планируются в сметном и калькуляционном разрезе и используются для определения себестоимости как единицы изделий, так и всей товарной и валовой продукции.

Расчет себестоимости на основе установленных норм прямых затрат и разработки плановых комплексных статей принято называть методом прямого счета. Несмотря на высокую трудоемкость расчетов, этот метод планирования себестоимости является основным на предприятиях [26].

Предприятия определяют два варианта себестоимости: один – для целей бухгалтерского учета, другой – для целей налогообложения. В себестоимости продукции возможно включать все фактически произведенные затраты, что позволяет установить их достоверный уровень, определить реальную себестоимость продукции, прибыль и рентабельность. Фактический объем затрат необходим для ценообразования, для планирования финансовых результатов. Для целей налогообложения фактическая себестоимость корректируется с учетом утвержденных норм, нормативов и лимитов, устанавливаемых государством по отдельным лимитируемым элементам затрат. Так, расходы на командировки, рекламу оплату процентов по кредитам банков, по бюджетным ссудам и т.д. включаются в себестоимость в суммах фактических затрат, они учитываются только в установленных пределах либо вообще не принимаются в расчет (например, проценты по просроченным ссудам, ускоренная амортизация, использованная не по назначению и т.д.). Вместе с тем, значительный круг затрат по-прежнему принимается в обоих вариантах в пределах установленных нормативов. Так, платежи за выбросы загрязняющих веществ в природную среду в пределах допустимых норм включаются в себестоимость продукции, а за выбросы свыше этих норм –

покрываются из прибыли. В перспективе предполагается, что предприятия всех видов собственности и организационно-правовых форм будут представлять в государственные органы в качестве открытой финансовой отчетности только сумму затрат на валовую продукцию в разрезе элементов сметы. Калькуляция себестоимости единицы изделий и товарного выпуска продукции, относимая к системе управленческого (производственного) учета, будет использоваться только внутри предприятия ограниченным кругом руководителей [26].

При планировании себестоимости, предприятие, кроме калькуляции и сметы затрат на производство, разрабатывает сводную шахматную таблицу затрат на производство и реализацию продукции, отражающую взаимосвязи экономических элементов и калькуляционных статей затрат, а также рассчитывается объем капитальных вложений, т.е. минимум материальных и финансовых вложений необходимый для реализации проекта.

4.1. Расчет объема капитальных вложений

В объем капитальных вложений входит [26]:

- стоимость технологического оборудования;
- стоимость вспомогательного оборудования;
- стоимость инструментов и инвентаря;
- стоимость эксплуатируемых помещений;
- стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырье и материалах;
- стоимость оборотных средств в незавершенном производстве;
- стоимость оборотных средств в запасах готовой продукции;
- стоимость оборотных средств в дебиторской задолженности;
- сумма денежных оборотных средств.

4.1.1 Стоимость технологического оборудования

Стоимость технологического оборудования ($K_{ТО}$) представляет собой сумму произведения количества оборудования и его цены по всем операциям технологического процесса [26]:

$$\hat{E}_{\text{от}} = \sum_{i=1}^m Q_i \cdot \ddot{O}_i, \quad (34)$$

где m – количество операций ТП изготовления изделий;

Q_i – принятое количество единиц оборудования, занятого выполнением i -ой операции;

\ddot{O}_i – балансовая стоимость единицы оборудования, занятого выполнением i -ой операции.

Расчеты стоимости технологического оборудования сводим в таблицу 13.

Таблица 13 – Стоимость технологического оборудования

Модель оборудования	\ddot{O}_i , руб.	Q_i , шт.	$K_{ТОi}$, руб.
Сварочный полуавтомат фирмы Кемппи KPS 4500 MVU Weld Force	220000	4	880000
Каретка сварочная Profsva	188.500	1	188.500
Шлифмашинка Bosch	5.000	8	40.000
Гусеничный кран ДЭК-631	4.200.000	1	4.200.000
Рентгеновский аппарат Арина-5	170.000	1	170.000
Дизельный генератор SDMO J 300K	380.000	1	380.000
Комплект ВИК	11.000	1	11.000
Комплект для проведения капиллярного контроля	2.400	5	12.000
ИТОГО:		22	5.881.500

4.1.2 Стоимость инструментов, приспособлений и инвентаря

Стоимость инструментов и инвентаря ($K_{ин}$) по предприятию может быть установлена приблизительно в размере 10÷15% от стоимости технологического оборудования.

В данном случае учитывается стоимость:

- инструментов всех видов (режущие, мерительные) и прикрепляемые к машинам приспособления для обработки изделия (зажимы, тиски и т.д.);
- производственного инвентаря для обеспечения производственных процессов (инвентарь для хранения жестких и сыпучих тел, охраны труда);
- хозяйственного инвентаря (шкафы, столы, инвентарь конторского назначения и т.д.) [26]:

$$\hat{E}_{\hat{E}\hat{E}} = \hat{E}_{\hat{O}\hat{I}} \cdot (0,10 \div 0,15), \quad (35)$$

$$\hat{E}_{\hat{E}\hat{E}} = 5.881.500 \cdot 0,10 = 588.510 \text{ руб.}$$

4.1.3 Стоимость эксплуатируемых помещений

В данном случае используется монтажная площадка, соответственно стоимость производственных помещений не учитывается при расчете себестоимости изготовления резервуара.

4.1.4 Стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырье и материалах

Данные средства рассчитываются по формуле [26]:

$$\hat{E}_{\hat{I}\hat{C}\hat{I}} = \frac{\hat{I}_{\hat{I}} \cdot N \cdot \hat{O}_{\hat{I}}}{360} \cdot \hat{O}_{\hat{I}\hat{A}\hat{I}}, \quad (36)$$

где N_M – норма расхода материала, т/ед.;

N – годовой объем производства продукции, шт;

C_M – цена материала, руб./т;

$T_{OБM}$ – продолжительность оборота запаса материалов (квартал, полугодие, определенный период) в днях.

Для стали 09Г2С:

$$\hat{E}_{i\zeta i} = \frac{98 \cdot 1 \cdot 41.000}{360} \cdot 30 = 334.833 \text{ руб.}$$

Для стали Ст3сп:

$$\hat{E}_{i\zeta i} = \frac{12 \cdot 1 \cdot 36.000}{360} \cdot 30 = 36.000 \text{ руб.}$$

$$\hat{E}_{i\zeta i} = 334.833 + 36.000 = 370.833 \text{ руб.}$$

4.1.5 Оборотные средства в незавершенном производстве

Стоимость незавершенного производства ($K_{H3П}$) может быть установлена из следующего выражения [26]:

$$\hat{E}_{i\zeta i} = \frac{I \cdot \dot{O}_o \cdot \tilde{N} \cdot k}{360}, \quad (37)$$

где T_{ζ} – длительность производственного цикла, дни;

C – себестоимость единицы готовой продукции на стадии предварительных расчетов, руб.;

k – коэффициент готовности.

$$\hat{E}_{i\zeta i} = \frac{1 \cdot 30 \cdot 5.562.500 \cdot 1}{360} = 463.541 \text{ руб.}$$

Себестоимость единицы готовой продукции на стадии предварительных расчетов определяется по формуле [26]:

$$C = \frac{I_i \cdot \ddot{O}_i}{k_i}, \quad (38)$$

где k_M – коэффициент, учитывающий удельный вес стоимости основных материалов в себестоимости изделия ($k_M=0,8 \div 0,85$).

Для стали 09Г2С:

$$C = \frac{98 \cdot 41.000}{0,8} = 5.022.500 \text{ руб.}$$

Для стали Ст3сп:

$$C = \frac{12 \cdot 36.000}{0,8} = 540.000 \text{ руб.}$$

$$C = 5.022.500 + 540.000 = 5.562.500 \text{ руб.}$$

4.1.6 Оборотные средства в запасах готовой продукции

Стоимость запаса готовой продукции определяется по формуле [26]:

$$\hat{E}_{\text{АД}} = \frac{C \cdot N \cdot \dot{O}_{\text{АД}}}{360}, \quad (39)$$

где $T_{\text{ГП}}$ – продолжительность оборота готовой продукции на складе, в днях.

$$\hat{E}_{\text{АД}} = \frac{5.562.500 \cdot 1 \cdot 10}{360} = 154.513 \text{ руб.}$$

4.1.7 Оборотные средства в дебиторской задолженности

Дебиторская задолженность определяется по формуле [26]:

$$\hat{E}_{\text{АД}} = \frac{\hat{A}_{\text{ДП}} \cdot \dot{O}_{\text{АД}}}{360}, \quad (40)$$

где $V_{\text{РП}}$ – выручка от реализации продукции на стадии предварительных расчетов, руб.;

$T_{\text{ДЗ}}$ – продолжительность дебиторской задолженности ($T_{\text{ДЗ}}=7 \div 40$), дней.

Выручка от реализации продукции на данном этапе расчета устанавливается приближенным путем:

$$\hat{A}_{\text{ДТ}} = \tilde{N} \cdot N \cdot \left(1 + \frac{P}{100}\right), \quad (41)$$

где P – рентабельность продукции (p=15÷20 %).

$$\hat{A}_{\text{ДТ}} = 5.562.500 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{0,20}{100}\right) = 5.673.750 \text{ руб.},$$

$$\hat{E}_{\text{АС}} = \frac{5.673.750 \cdot 10}{360} = 157.604 \text{ руб.}$$

4.1.8 Денежные оборотные средства

Для нормального функционирования предприятия необходимо иметь денежные средства на текущие расходы. Сумма денежных средств, приблизительно можно принять 10 % от суммы материальных оборотных средств [26]:

$$\tilde{N}_{\text{АН}} = \hat{E}_{\text{ТС}} \cdot 0,10, \quad (42)$$

$$\tilde{N}_{\text{АН}} = 370.833 \cdot 0,10 = 37.083 \text{ руб.}$$

4.2. Определение сметы затрат на производство и реализацию продукции

Классификация затрат по экономическим элементам имеет для предприятия важное значение. Сметный разрез затрат позволяет определить общий объем потребляемых предприятием различных видов ресурсов. На основе сметы осуществляется увязка разделов производственно-финансового плана предприятия: по материально-техническому снабжению, по труду, определяется потребность в оборотных средствах и т.д.

Группировка затрат по экономическим элементам отражается в смете затрат на производство и реализацию продукции (работ, услуг). В ней собираются затраты по общности экономического содержания, по их назначению.

Смета затрат включает в себя следующие статьи [26]:

- основные материалы за вычетом реализуемых отходов;
- заработная плата производственных рабочих;
- отчисления на социальные нужды по зарплате производственных рабочих.

Эти статьи относятся к прямым затратам. Остальные расходы образуют косвенные расходы [26]:

- амортизация оборудования предприятия;
- арендная плата или амортизация эксплуатируемых помещений;
- отчисления в ремонтный фонд;
- вспомогательные материалы на содержание оборудования;
- затраты на силовую электроэнергию;
- износ инструмента;
- заработная плата вспомогательных рабочих;
- отчисление на социальные цели вспомогательных рабочих;
- заработная плата административно-управленческого персонала;
- отчисление на социальные цели административно-управленческого персонала;
- прочие расходы.

4.2.1 Основные материалы за вычетом реализуемых отходов

Затраты на основные материалы C_M рассчитываются по формуле [26]:

$$\tilde{N}_i = N \cdot (\hat{O}_i \cdot \hat{I}_i \cdot \hat{E}_{\text{дсв}} - \hat{O}_i - \hat{I}_i), \quad (43)$$

где $K_{\text{ТЗР}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($K_{\text{ТЗР}}=1,04$);

C_0 – цена возвратных отходов, руб./кг;

N_0 – норма возвратных отходов кг/шт.

Норма возвратных отходов определяется по формуле [26]:

$$\dot{I}_i = m_3 - m_i, \quad (44)$$

где m_3 – масса заготовки, кг;

m_0 – масса изделия, кг.

$$\dot{I}_i = 0.$$

$$\tilde{N}_i = 1 \cdot ((98 \cdot 41.000 + 12 \cdot 36.000) \cdot 1,04) = 38.566,32 \text{ руб.}$$

4.2.2 Расчет заработной платы производственных работников

Основная заработная плата предусматривает оплату труда за проработанное время. Рассчитывается она в зависимости от формы и системы оплаты труда.

В данной ВКР предусматривается сдельно-премиальная оплата труда. В соответствии с этой системой заработная плата рассчитывается по формуле [26]:

$$\tilde{N}_{\text{сд}} = \sum_{i=1}^m \frac{t_{\text{шт}i} \cdot C_{\text{час}j}}{60} \cdot k_N \cdot k_P \cdot N, \quad (45)$$

где m – количество операций технологического процесса;

$t_{\text{шт}i}$ – норма времени на выполнение i -ой операции, мин/ед.;

$C_{\text{час}j}$ – часовая ставка j -го разряда, руб./час;

k_N – коэффициент, учитывающий премии и доплаты, ($k_N=1,5$);

k_P – районный коэффициент ($k_P=1,3$).

Результаты расчета сводим в таблицу 14.

Таблица 14 – Расчёт фонда заработной платы

Профессия рабочего	$T_{\text{шт}i}$, ч	Разряд (уровень)	Количество	$C_{\text{час}j}$, руб.	$C_{\text{зо}i}$, руб.
Сварщик	360	5	4	107	68.504
Сборщик (стропальщик)	360	5	8	100	64.050
Крановщик	360	-	1	105	67.223

Тракторист	360	-	1	87	55.700
ИТР	360	-	1	115	73.626
Дефектоскопист	360	2	2	101	64.662
ИТОГО:					363.765

4.2.3 Отчисления на социальные нужды по заработной плате основных производственных рабочих

Отчисление на социальные нужды [26]:

$$\tilde{N}_{\text{ин}} = \tilde{N}_{\text{ср}} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2, \quad (46)$$

где α_1 – обязательные социальные отчисления, ($\alpha_1=0,30$);

α_2 – социально страхование по профессиональным заболеваниям и несчастным случаям ($\alpha_2=0,003 \div 0,017$).

$$\tilde{N}_{\text{ин}} = 363.763 \cdot 0,3 \cdot 0,009 = 9.821,60 \text{ руб.}$$

4.2.4 Расчет амортизации основных фондов

Амортизация основных фондов – это перенос части стоимости основных фондов на вновь созданный продукт для последующего воспроизводства основных фондов ко времени их полного износа.

Годовые амортизационные отчисления начисляются одним из следующих методов: линейный и нелинейный.

Расчет амортизации оборудования:

1. При крупном масштабе производства, при полной загрузки оборудования сумма амортизационных начислений распределяется на каждую единицу продукции равномерно.

В расчетах выпускной работы целесообразно определить годовую норму амортизации каждого оборудования, по следующей схеме используя линейный

метод [26]:

$$\alpha_{Hi} = \frac{1}{T_o} \cdot 100\%, \quad (47)$$

где T_o – срок службы оборудования, ($T_o=3 \div 12$ лет)

Сумма амортизации определяется [26]:

$$\dot{A} = \sum_{i=1}^n \ddot{O}_i \cdot \alpha_{Hi}, \quad (48)$$

Списание стоимости происходит равномерно и к концу срока использования достигается нулевая балансовая стоимость.

2. При небольшом объеме производства и неполной загрузки оборудования (оборудование загружено еще производством других видов продукции) необходим расчет амортизационных отчислений, приходящихся на 1 час работы оборудования [26]:

$$\dot{A}_{\times i} = \sum_{i=1}^n \frac{\ddot{O}_i \cdot \alpha_{Hi}}{F_{\dot{A}} \cdot \hat{E}_{\dot{A}Di}}, \quad (49)$$

где n – количество оборудования;

K_{BPI} – коэффициент загрузки i -го оборудования по времени;

F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, $F_d=1874$ час.

Расчеты амортизации оборудования сводим в таблицу 15.

Таблица 15 – Расчёт амортизационных отчислений

Модель оборудования	Ц _i , руб.	α _{Hi} , %	F _{ди} , ч	A _{чи} , руб.
Сварочный полуавтомат фирмы Кемппи KPS 4500 MVU Weld Force	220.000	8,3	1874	57,2
Каретка сварочная Profsva	188.500	8,3	1874	33,4
Шлифмашинка Bosch	5.000	33,3	1874	54,67
Гусеничный кран ДЭК -631	4.200.000	8,3	1874	1.162,6
Рентгеновский аппарат Арина-5	17.000	10	1874	64,8

Дизельный генератор SDMO J 300K	380.000	20	1874	47
Комплект ВИК	11.000	8,3	1874	17,4
ИТОГО:				1.437,1

4.2.5 Отчисления в ремонтный фонд

Отчисления в ремонтный фонд можно рассчитать одним из предложенных методов:

В зависимости от [26]:

$$C_P = (\hat{E}_{\text{дл}} + \hat{E}_{\text{эл}}) \cdot k_{\text{дл}} + \tilde{N}_N \cdot k_{\text{сдл}}, \quad (50)$$

где $k_{\text{РЕМ}}$, $k_{\text{З,РЕМ}}$ – коэффициенты, учитывающие отчисления в ремонтный фонд.

Коэффициенты устанавливаются в зависимости от состояния объектов основных фондов и года их эксплуатации.

Эти затраты включают в себя затраты по всем видам ремонта (капитального, текущего и др.). Затраты на ремонт оборудования определяются по формуле [26]:

$$C_{\times.P} = \sum_{i=1}^n \frac{100 \cdot (\omega_{M_i} \cdot R_{M_i} + \omega_{Y_i} \cdot R_{Y_i})}{\beta_{\text{дл}} \cdot \beta_{\text{эл}} \cdot \beta_{\text{р}} \cdot \beta_{\text{т}}} + t_{\text{дл.эл}} \cdot \tilde{N}_{\text{дл.эл}}, \quad (51)$$

где R_{M_i} и R_{Y_i} – группы ремонтпригодности механической и электрической части i -го оборудования соответственно;

ω_{M_i} и ω_{Y_i} – затраты на все виды планово-предупредительного ремонта за ремонтный цикл, приходящиеся на единицу i -ой ремонтной техники;

$T_{\text{РЦ}}$ – длительность ремонтного цикла основной части оборудования, ч;

$\beta_{\text{м}}$, $\beta_{\text{ТП}}$, $\beta_{\text{р}}$, $\beta_{\text{т}}$ – коэффициенты, влияющие на длительность ремонта соответственно обрабатываемого материала, типа производства, значений

параметров оборудования, массы станка;

$t_{\text{ТР.ЭЛ}}$ – трудоёмкость ремонта электронной части станков, Н/ч;

$C_{\text{ТР.ЭЛ}}$ – стоимость ремонта.

$$C_{\times.P} = \sum_{i=1}^n \frac{100 \cdot (2000 \cdot 1 + 2000 \cdot 2)}{10 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,5} + 2 \cdot 10.000 = 50.000 \text{ руб.}$$

4.2.6 Затраты на вспомогательные материалы

Расчет расхода сварочной проволоки [26]:

$$C_I = G_d \cdot K_{Nd}, \quad (52)$$

где $C_{\text{П}}$ – затраты на сварочную проволоку, руб.;

G_d – вес наплавленного металла при сварке изделия электродной проволокой, кг;

C_{Nd} – стоимость материала, руб./кг.

$$C_I = 167,84 \cdot 80 = 14.400 \text{ руб.}$$

Находим затраты на защитный газ [26]:

$$C_{\text{ААГ}} = q_{\text{ААГ}} \cdot \ddot{O}_{\text{ААГ}}, \quad (53)$$

где $C_{\text{ГАЗ}}$ – затраты на защитный газ, руб.;

$q_{\text{ГАЗ}}$ – расход газа, кг;

$C_{\text{ГАЗ}}$ – цена газа, (1 кг) руб.

$$C_{\text{ААГ}} = 12 \cdot 825 = 9.900 \text{ руб.}$$

4.2.7 Затраты на инструменты, приспособления и инвентарь

Стоимость инструментов и инвентаря ($K_{\text{ИИ}}$) по предприятию установлена приближенно, поэтому их учтем как плановые и включим в себестоимость произведенной продукции.

На предприятиях затраты такого плана рассчитываются по факту приобретения и учитываются в себестоимости с учетом срока износа.

4.3 Экономическое обоснование технологического проекта

В разделе необходимо экономически обосновать технологический проект, т.е. сделать аналитические выводы по произведённым расчётам, также нужно указать рыночную цену продукции и определить предполагаемую прибыль, произвести расчёт рентабельности капитальных вложений и рентабельности продукции; определить критический объём реализации.

Таблица 16 – Смета затрат по экономическим элементам

Затраты	Сумма, руб./ед.
Стоимость технологического оборудования	5.881.500
Стоимость инструментов, приспособлений и инвентаря	588.150
Стоимость оборотных средств в производственных запасах, сырье и материалах	370.833
Оборотные средства в незавершенном производстве	463.541
Стоимость запаса готовой продукции	154.513
Дебиторская задолженность	157.604
Денежные оборотные средства	37.083
Основные материалы за вычетом реализуемых отходов	38.566,32
Расчет заработной платы производственных работников	363.765
Отчисление на социальные нужды	9.821,6
Амортизация оборудования	1.437,1
Отчисления в ремонтный фонд	50.000
Затраты на вспомогательные материалы	24.300

5 Социальная ответственность

5.1 Характеристика объекта исследования

В данной ВКР рассмотрено строительство и монтаж резервуара вертикального стального РВС-5000, подведомственный Ростехнадзору. В предлагаемой технологии сборки введены некоторые изменения, упрощающие и ускоряющие сборку, но требующие все той же ответственности по безопасности жизнедеятельности и выполнение требований перечня документов. За счет того, что металлоконструкции поставляются на площадку монтажа в сборочных элементах, частично с уже подготовленными кромками под сварку, а так же применение сварочных полуавтоматов – ускоряется процесс сборки, тем самым уменьшая воздействие негативных факторов на работающих.

Условия выполнения рассматриваемого технологического процесса – полевые (на открытой местности). Оборудование, применяемые в процессе сборки: сварочные полуавтоматы, механические шлифовальные машинки, рентгеновский аппарат, кран, бульдозер; оснастка: распорные устройства, устройства для разворачивания рулонов, троса и приспособления для расчалок, кондукторы, струбины и т.д. Использование этого оборудования и приспособлений требуют соблюдения мер безопасности.

5.2 Законодательные и нормативные документы

Формализация всех производственных процессов и их подробное описание в регламентах, разнообразных правилах и инструкциях по охране труда позволяет создать максимально безопасные условия работы для всех сотрудников организации. Проведение инструктажей и постоянный тщательный контроль за соблюдением требований охраны труда – это гарантия значительного уменьшения вероятности возникновения аварийных ситуаций, заболеваний, связанных с профессиональной

деятельностью человека, травм на производстве.

Именно инструкции считаются основным нормативным актом, определяющим и описывающим требования безопасности при выполнении должностных обязанностей служащими и рабочими. Такие документы разрабатываются на базе:

- 1) положений «Стандартов безопасности труда»;
- 2) законов о труде РФ;
- 3) технологической документации;
- 4) норм и правил отраслевой производственной санитарии и БТ;
- 5) типовых инструкций по ОТ;
- 6) пунктов ЕСТД («Единая система техдокументации»);
- 7) рекомендаций по эксплуатации и паспортов различных видов агрегатов и

оборудования, используемого в организации (при этом следует принимать во внимание статистические данные по производственному травматизму и конкретные условия работы на предприятии).

Основы законодательства Российской Федерации об охране труда обеспечивают единый порядок регулирования отношений в области охраны труда между работодателями и работниками на предприятиях, в учреждениях и организациях всех форм собственности независимо от сферы хозяйственной деятельности и ведомственной подчиненности. Основы законодательства устанавливают гарантии осуществления права на охрану труда и направлены на создание условий труда, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности и в связи с ней.

Среди законодательных актов по охране труда основное значение имеет Конституция РФ, Трудовой Кодекс РФ, устанавливающий основные правовые гарантии в части обеспечения охраны труда, а также Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», Федеральный закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Из подзаконных актов отметим постановления

Правительства РФ: «О государственной экспертизе условий труда» от 25.04.2003 № 244, «О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда» от 09.09.1999 № 1035 (ред. от 28.07.2005).

К нормативным документам относятся [27]:

1) ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. М.: Изд. стандартов, 1989г.

2) ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. М.: Изд. стандартов, 1982г.

3) ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. М.: Изд. стандартов, 1990г.

4) ГОСТ 12.1.046-78. ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация. М.: Изд. стандартов, 1990г.

5) ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. М.: Изд. стандартов, 1984г.

6) Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1998г.

7) Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 1994г.

8) Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

9) Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. М.: Информ.-издат. центр Минздрава России, 1997г.

10) Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548096. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996г.

5.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

Производственные условия характеризуются, как правило, наличием опасных

и вредных факторов. Произведем анализ факторов применимо к данному проекту.

1. Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. При ручной дуговой сварке вне помещения, т.е. в нестационарных условиях и последующем рентгенографическом контроле могут быть выявлены следующие опасные и вредные факторы [28]:

- запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- ультрафиолетовое и инфракрасное излучение;
- психофизиологические нагрузки на рабочего;
- пожароопасность;
- опасность поражения электрическим током.

При изготовлении сепараторов с применением сваркой плавящимся электродом в среде защитных газов производится выделение в окружающую среду пыли (до 180 мг/м^3) с содержанием марганца до 13,7 %, а также CO_2 до $0,5 \div 0,6 \%$, CO – до 160 мг/м^3 , окислов азота до 8 мг/м^3 , озона – до $0,35 \text{ мг/м}^3$. содержание аэрозолей и пыли в воздухе рабочей зоны не превышает предельно-допустимой концентрации, так как работы производятся на открытом воздухе и не требуют применения вентиляции. Озон и окислы азота, образующиеся в результате радиолиза воздуха вне помещения опасности, не представляют, так как рассеиваются в большом объеме окружающего воздуха.

2. Производственный шум. Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- 1) угловая шлифмашина Bosch GWS 22-180 H;
- 2) источник питания.

Шумом принято называть любой нежелательный звук, воспринимаемый органом слуха человека, и представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной интенсивности и частоты. Характеристикой шума является уровень звукового давления. Источниками шума на участке служит источник тока и треск при проведении сварочных работ.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены санитарными

нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Допустимый уровень звукового давления (дБ) и уровень звука (дБА) должны быть следующими: уровень звукового давления 99÷85 дБ при среднегеометрической частоте октавных полос 63÷8000 Гц, уровень звука – 85 дБА. На проектируемом участке уровень шума ниже предельно-допустимого и защиты от шума не требуется [24].

Мероприятия по борьбе с шумом. Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противошумовые наушники.

3. Статическая нагрузка на руку. При сварке в основном имеет место статическая нагрузка на руки, в результате чего могут возникнуть заболевания нервно-мышечного аппарата плечевого пояса. Сварочные работы относятся к категории физических работ средней тяжести с энергозатратами 172÷293 Дж/с (150÷250 ккал/ч).

Нагрузку создает необходимость держать в течение длительного времени в руках горелку сварочную (весом от 3 до 6 кг) при проведении сварочных работ, необходимость придержать детали при установке и прихватке и т.п. Предлагается использовать сборочно-сварочное приспособление, [25].

5.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке

Освещение, обеспечивающее нормальные зрительные условия работы, является важным фактором в организации производственного процесса. Требуемый уровень освещения определяется степенью точности сборочных работ.

При сварке резервуаров применимо только световое время суток. В разные времена года оно различно. Так в летний период времени рабочий день составляет 12 часов, а в зимний – не более 8 часов, поэтому практический расчет освещения производится не будет.

5.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды

1. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение от нагретого металла, сварочной ванны и сварочной дуги, так называемое лучистое тепло, может быть опасным для работающего. Нагретые твердые тела становятся источниками теплоты и путем конвекции нагревают воздух вокруг себя. Под действием ультрафиолетового и инфракрасного излучения, в организме человека происходят биохимические сдвиги и нарушение работы сердечно-сосудистой и нервной систем.

Импульсные рентгенографические аппараты серии Арина-5 могут представлять опасность как источники рентгеновского излучения. При проведении рентгенографического контроля персонал может подвергаться воздействию прямого и рассеянного излучения [27].

2. Защита от сварочных и рентгеновских излучений. В качестве методов защиты от ультрафиолетового и инфракрасного излучения рекомендуется применять спецодежду и специальная обувь. Спецодежда представляет собой костюм (куртка и брюки) и рукавицы из негоряемых материалов, обеспечивающих надежную теплоизоляцию. Специальная обувь также изготавливается из негоряемых материалов, обычно из толстой кожи. Для защиты лица и глаз от излучения сварочной дуги используют маски со светофильтрами. Маска представляет собой щиток из негорячего и непрозрачного материала, который крепится либо на голове сварщика с помощью специального приспособления, либо удерживается у лица вручную. Для защиты глаз в прорези маски вставлен светофильтр, который выбирают в зависимости от силы сварочного тока.

Другим опасным фактором является ионизирующее излучение. При эксплуатации рентгеновских аппаратов следует руководствоваться «Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99), «Нормами радиационной безопасности» (НРБ-99), «Санитарными правилами и нормативами» (СанПиН 2.6.1.1015-01), а также инструкциями по эксплуатации

аппаратов [29].

В соответствии с НРБ-99 установлены следующие категории облучаемых лиц:

- персонал, то есть работающие с источниками радиоактивного облучения (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б);
- население.

Для этих категорий установлены следующие дозовые пределы, превышение которых рассматривается как повышенное или аварийное облучение (таблица 17).

Таблица 17 – Пределы облучения

Категория	Дозовый предел эффективной дозы, мЗв/год	Проектная мощность дозы, мР/смену
Группа А	20, но не более 50	8
Группа Б	5, но не более 12,5	2
Население	1, но не более 5	0,03 мР/ч

Снижение уровня дозовой нагрузки до указанных предельных значений осуществляют следующим образом:

- применение барьерной защиты из поглощающих материалов;
- защита расстоянием, т.е. удалением от аппарата на безопасное расстояние;
- защита временем, т.е. ограничением времени работы аппарата.

Практически возможна комбинированная защита всеми тремя способами или их попарными сочетаниями. Применяемые методы защиты определяются условиями, в которых проводится рентгенографический контроль.

При просвечивании в полевых условиях защита осуществляется расстоянием, а при необходимости и ограничением времени наработки в смену. При этом персонал должен находиться в наиболее безопасной зоне вне прямого пучка. Для импульсных рентгеновских аппаратов такой зоной является конус с углом при вершине 150° , ось которого совпадает с продольной осью аппарата,

направление противоположно пучку излучения, а вершина находится в фокусе рентгеновской трубки. Безопасное расстояние в этой зоне составляет 20 м для персонала группы А и 100 м для персонала группы Б. Мощность экспозиционной дозы при этом для первых не превышает 1,5 мкР/с, а для вторых – 0,15 мкР/с. В этом случае время работы ограничено только тепловыми режимами аппарата и составляет 50 % общего рабочего времени. Если необходимое для контроля время еще меньше, то и безопасная зона может быть уменьшена. При необходимости нахождения оператора на меньшем расстоянии, чем указано выше и 50 % сменной наработке, следует использовать дополнительные ширмы и экраны. Граница радиационно-опасной зоны должна обозначаться знаками радиационной безопасности и предупреждающими плакатами с расстоянием видимости не менее 3 м [29].

Рабочий пучок излучения следует ограничивать тубусами, коллиматорами и т.д. За изделием рекомендуется ставить свинцовый экран.

Во время работы аппаратуры оператор не должен оставлять без присмотра пульт управления.

До начала работ должны быть разработаны, согласованы и утверждены инструкции по радиационной безопасности, определены перечни лиц, которые будут работать в сфере действия рентгеновского излучения, обеспечены их обучение и инструктаж, назначены приказами лица, отвечающие за радиационную безопасность, контроль, учет и хранение аппаратов. Должна проводиться периодическая проверка знаний по технике безопасности, а также контроль за соблюдением правил и норм радиационной безопасности и за дозами облучения персонала.

3. Электрический ток. Для защиты от поражения электрическим током в полевых условиях применяют защитное заземление. Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электрического и технологического оборудования, которое может оказаться под напряжением. Защитное

заземление обеспечивает снижение напряжения между оборудованием и землей до безопасной величины.

В полевых условиях для заземления применяют естественные заземлители: металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие соединение с землей, обсадные трубы, металлические шпунты гидротехнических сооружений и т.д. Естественные заземлители необходимо связывать с заземляющей сетью не менее, чем двумя проводниками, присоединенных к заземлителям в разных местах.

Сопротивление заземляющего устройства для установок мощностью до 100 кВт должна быть R_3 менее 10 Ом.

Применяем для заземления вертикально забитые трубы длиной 2 м и диаметром 50 мм.

Сопротивление одиночного заземления вертикально устанавливаемого в землю определяется по формуле [30]:

$$R_{\text{од}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{о}}} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_{\text{о}}}{d}, \quad (54)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, $\rho = 1 \cdot 10^5$ Ом см;

l_{T} – длина трубы, мм; $l_{\text{T}} = 2000$ мм;

d – наружный диаметр трубы, $d = 5$ см.

$$R_{\text{од}} = \frac{1 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 3,14 \cdot 200} \cdot \ln \frac{2 \cdot 200}{5} = 13 \text{ Ом.}$$

Определяем требуемое число заземлителей по формуле [30]:

$$n = \frac{R_{\text{TR}}}{R_3 \cdot \eta_3}, \quad (55)$$

где R_3 – требуемое сопротивление осуществляемого заземления, $R_3 = 5$ Ом;

η_3 – коэффициент экранирования, $\eta_3 = 0,8$.

$$n = \frac{13}{5 \cdot 0,8} = 3,7 \text{ шт., принимаем } n = 4 \text{ шт.}$$

Сопротивление металлической полосы, применяемой для соединения трубчатых заземлителей определяется по формуле [30]:

$$R_n = \frac{\rho}{2 \cdot h \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_i^2}{\frac{b}{n}}, \quad (56)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом см;

l_{Π} – длина полосы, см;

b – ширина полосы, см;

h – глубина заложения полосы, см.

Длину полосы находим по формуле [30]:

$$l_i = 1,05 \cdot \dot{a} \cdot (n - 1), \quad (57)$$

где a – расстояние между заземлениями, см.

$$\dot{a} = 2 \cdot l_{\text{об}}, \quad (58)$$

$$\dot{a} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ см.}$$

$$l_i = 1,05 \cdot 4 \cdot (4 - 1) = 13 \text{ м.}$$

$$R_n = \frac{1 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 4200} \cdot \ln \frac{2 \cdot 1300^2}{\frac{80}{4}} = 18,4 \text{ Ом}$$

Результирующее сопротивление всей системы, с учетом соединительной полосы и коэффициентов использования определяется по формуле [30]:

$$R_c = \frac{R_{\text{ТР}} \cdot R_i}{R_{\text{ТР}} \cdot h_i + R_i \cdot \eta_{\text{Э}} \cdot n}, \quad (59)$$

где $R_{\text{ТР}}$ – сопротивление заземления одной трубы, Ом;

n – число труб заземлений, шт;

$\eta_{\text{Э}}$ – коэффициент использования труб контура, $\eta_{\text{Э}}=0,8$;

h_{Π} – коэффициент использования соединительной полосы, $h_{\Pi}=0,7$.

$$R_c = \frac{13 \cdot 18,4}{13 \cdot 0,7 + 18,4 \cdot 0,8 \cdot 4} = 3,5 \text{ Ом.}$$

В результате проведённых расчётов получаем, что система заземления состоит из четырёх труб, вертикально вбитых в землю диаметром 50 мм и длиной 2 метра. Сопротивление одиночного заземлителя равно 13 Ом. Соединены между собой отдельно вбитые элементы заземления металлической полосой.

5.4.1 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов

Для защиты тела применяются огнестойкая спецодежда (костюмы брезентовые или хлопчатобумажные с огнестойкой пропиткой).

Защита от движущихся механизмов. Для защиты работающих от движущихся механизмов предусмотрено следующее [31]:

- 1) проходы: между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также между постами – не менее 1 м; между автоматическими сварочными постами – не менее 2 м.;
- 2) свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3 м²;
- 3) при эксплуатации подъёмно-транспортных устройств ограждение всех движущихся и вращающихся частей механизмов;
- 4) контроль за правильностью строповки;
- 5) контроль за своевременностью аттестации оснастки, грузоподъемных средств и стропов.

5.5 Охрана окружающей среды

В процессе сварки выделяются вредные и токсичные вещества, а также их оксиды их соединения. Так как сварка сепараторов производится в полевых условиях, то о целесообразности охраны окружающей среды вопрос не стоит. Но при применении кабины в механизированной сварке есть возможность установки фильтра очистки во избежание вредных выбросов в атмосферу [31].

При сварке вблизи леса необходимо наличие рядом со сварщиком не менее 2 огнетушителей и ящика с песком чтобы не допустить возгорание лесного массива.

5.6 Защита в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате

возникновения источника ЧС на объекте, определённой территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

В настоящее время существует два основных направления ликвидации вероятности возникновения и последствий ЧС на промышленных объектах.

Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятий, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технических систем. Второе направление заключается в подготовке объекта, обслуживающего персонала, служб ГО и населения к действиям в условиях ЧС.

ЧС военного времени. Особенности опасностей (чрезвычайных ситуаций) военного времени [31]:

1) они планируются, подготавливаются и реализуются человеком, его разумом и поэтому имеют более сложный и изощрённый характер, чем природные и техногенные опасности;

2) в реализации опасностей военного времени меньше стихийного и случайного; оружие применяется, как правило, в самый неподходящий момент для жертвы агрессии и в самом уязвимом для неё месте;

3) развитие средств поражения всегда опережает развитие адекватных средств защиты;

4) для создания средств поражения всегда используются последние научные достижения, привлекаются лучшие научные силы, лучшая научно-производственная база; всё это ведёт к тому, что от некоторых средств нападения практически невозможно найти средств и методов защиты (например, ракетно-ядерное оружие);

5) современные и будущие войны всё чаще носят террористический, антинациональный характер; мирное население воюющих стран превращается в один из объектов вооружённого воздействия с целью подрыва воли и

способности противника оказывать сопротивление.

Основные принципы защиты населения при ЧС мирного и военного времени [31]:

1) обучение всех групп населения правилам поведения и основным способам защиты от ЧС, приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим, правилам пользования средствами коллективной и индивидуальной защиты;

2) обучение руководителей всех уровней управления действиям по защите населения от ЧС;

3) выработка у руководителей и специалистов в области защиты от ЧС навыков по подготовке и управлению силами и средствами, входящими в единую государственную систему предупреждения и ликвидации ЧС;

4) практическое усвоение работниками в составе сил РСЧС своих обязанностей при действиях в ЧС.

Защита населения в ЧС представляет собой комплекс мероприятий, проводимых с целью не допустить поражения людей или максимально снизить степень воздействия поражающих факторов.

Обязательным является комплексность проведения защитных мероприятий, использования одновременно различных способов защиты. Это связано со значительным разнообразием опасных и вредных факторов и повышает эффективность имеющихся в настоящее время способов защиты.

К основным способам защиты населения в ЧС относятся:

1) укрытие населения в защитных сооружениях (средства коллективной защиты);

2) использование средств индивидуальной защиты и медицинской защиты;

3) рассредоточение и эвакуация населения из опасных зон.

Рабочие места обеспечиваются следующими средствами тушения пожара:

1) огнетушитель химический пенный ручной ОХП-10, предназначенный для тушения пожара твердых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей;

2) огнетушитель углекислотный ОУ-5 для тушения небольших поверхностей горючих жидкостей, электрооборудования и установок, находящихся под напряжением.

5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для обеспечения условий, способствующих максимальной производительности труда, необходимо физиологическое обоснование требований к устройству оборудования, рабочего места, длительности периодов труда и отдыха и ряда других факторов, влияющих на работоспособность.

При организации труда необходимо учитывать психологические особенности отдельных рабочих. Разрабатывать и внедрять мероприятия по созданию благоприятного психологического микроклимата в коллективе, высокой заинтересованности в труде и его результатах, так как при работе на участке рабочие испытывают нервно-психологические перегрузки, умственное перенапряжение, эмоциональные перегрузки, перенапряжение анализаторов, монотонность труда и т.д.

Основным средством повышения производительности труда и снижения утомления является ритм труда и рациональный режим труда и отдыха. Ритмичный труд позволяет рационально расходовать, нервную и мышечную энергию, поддерживать работоспособность. При правильном чередовании труда и отдыха работоспособность также повышается [31].

Важнейшим психофизиологическим средством повышения производительности является создание благоприятных отношений в коллективе, в чем велика роль руководителя. Устранение отрицательных эмоций предупреждает не только развитие утомления, но и появление нервных

и сердечно-сосудистых заболеваний.

С целью ограничения вредного влияния психофизиологических факторов производственной опасности можно рекомендовать проведение следующих мероприятий [31]:

- установление рационального режима труда и отдыха;
- организация отдыха в процессе работы;
- соблюдение предельно допустимых норм деятельности;
- установление переменной нагрузки в соответствии с динамикой работоспособности;
- чередование различных рабочих операций или форм деятельности в течение рабочего дня;
- рациональное распределение функций между человеком и техническими устройствами;
- соответствие психофизиологических качеств человека характеру и сложности выполняемых работ; это соответствие достигается путем профессионального отбора, обучения и тренировок технологов-сварщиков.

5.8 Заключение по разделу социальная ответственность

В результате проведённой работы можно сделать следующие выводы: на монтажной площадке строительство резервуара вертикального стального РВС-5000 приняты необходимые меры для защиты от большинства опасных и вредных факторов на проектируемом участке:

- 1) индивидуальные средства защиты (сварочные щитки и маски, для защиты тела сварщиков используется спецодежда: брюки, куртки, а для защиты кистей рук – рукавицы со специальной противопожарной пропиткой, респираторами типа «Лепесток», очки защитные;
- 2) заземление оборудования;
- 3) противопожарные меры (огнетушители порошковые и

углекислотные, ящики с песком);

4) создание оптимальных условий труда (обеспечен оптимальный микроклимат).

В ВКР произведена разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Приняты необходимые меры по обеспечению экологической безопасности и охраны окружающей среды.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе произведена разработка технологии сварки и контроль качества резервуара вертикального стального РВС-5000.

В процессе строительства и монтажа резервуара предложено использовать следующее сварочное оборудование:

- 1) источник питания KPS 4500 MVU Weld Force;
- 2) сварочная каретка фирмы Profsva.

На этапе контроля предложено заменить вакуумный метод контроля на капиллярный контроль. Предложено использовать разработанные технологические карты и протоколы по каждому из применяемых методов неразрушающего контроля.

Проектируемый вариант производства работ по монтажу НГС своими техническими решениями соответствует требованиям норм производственной безопасности, экологическим и санитарно-эпидемиологическим нормативам по охране окружающей среды на рабочих местах и требованиям по предотвращению чрезвычайных ситуаций.

Произведен расчет себестоимости изготавливаемого изделия и капитальных вложений.

Список использованных источников

1. Технология сборки и сварки вертикального цилиндрического резервуара для хранения нефтепродуктов //Электронный ресурс//. Режим доступа: <https://works.doklad.ru/view/EYw29XMhK90.html>. Дата обращения: 17.05.2019 г.
2. Стальные конструкции. Монтаж стальных конструкций //Электронный ресурс//. Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-119-konstrukcii/20.htm>. Дата обращения: 17.05.2019 г.
3. Классификация и назначение резервуаров //Электронный ресурс//. Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-119-konstrukcii/20.htm>. Дата обращения: 17.05.2019 г.
4. Разработка и расчет элементов хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в вертикальных резервуарах (нефть) //Электронный ресурс//. Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018005431>. Дата обращения: 17.05.2019 г.
5. Монтаж вертикальных цилиндрических резервуаров //Электронный ресурс//. Режим доступа: <https://www.neftehimmontazh.com/public/montazh-rezervuarov>. Дата обращения: 17.05.2019 г.
6. Горизонтальные резервуары //Электронный ресурс//. Режим доступа: https://tdsarrz.ru/produktsiya/gorizontalnye_rezervuary/. Дата обращения: 17.05.2019 г.
7. М.М. Колосков, Е.Т. Долбенко, Ю.В. Коширский, Марочник сталей и сплавов /под общей ред. А.С. Зубченко – М.: Машиностроение, 2001. – 627с.: Ил.
8. ПБ 03-605-03 «Правила устройства вертикальных цилиндрических и стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов».
9. Справочник. – В 2-х томах. – Под общ. ред. Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышова. – М.: Машиностроение, 2004. – 624с.: Ил. – ISBN 5-217-03263-4 (Т.1), ISBN 5-217-03262-6.
10. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная.

11. РД-25.160.10-КТН-050-06 «Инструкция по технологии сварки при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров».
12. ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая.
13. Неровный В.М., Коновалов А.В., Куркин А.С., Теория сварочных процессов. Учебник для вузов, МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2007, – 752с.
14. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
15. В.И. Васильев, Д.П. Ильященко, Разработка этапов технологии при дуговой сварке плавлением – Издательство ТПУ, 2008г. – 96с.
16. А.И. Красовский, Основы проектирования сварочных цехов. Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1980. – 319с.
17. РД 19.100.00-КТН-001-10 «Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов».
18. РД 23.020.00-КТН-296-07 «Руководство по оценке технического состояния резервуаров».
19. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический контроль.
20. ГОСТ 3242-79 Соединения сварные. Методы контроля качества.
21. Источник питания //Электронный ресурс//. Режим доступа: <http://www.kemppi-spb.ru/WeldForce.html>. Дата обращения. 20.05.2019 г.
22. Сварочная каретка //Электронный ресурс//. Режим доступа: <https://www.profsvar.ru/catalog/mexanizacziya-i-avtomatizacziya/svarochnye-karetki-profsvar/profsvar.html>. Дата обращения. 17.05.2019 г.
23. РД 03-606-03 Инструкция по визуально измерительному контролю.
24. Арина-5 Импульсный рентгеновский аппарат //Электронный ресурс//. Режим доступа: <https://nd-testing.ru/products/impulsnyye-rentgen-apparaty/arina-5-impulsnyy-rentgenovskiy-apparat/>. Дата обращения. 17.05.2019 г.
25. Цветная дефектоскопия //Электронный ресурс//. Режим доступа: <http://bisalmaz.ru/cvetnaya-defektoskopiya.html>. Дата обращения. 17.05.2019 г.

26. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение часть ВКР часть ВКР: методические указания по выполнению экономической части выпускной квалифицированной работы для студентов специальности 120100 «Технология машиностроения» и направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение»– Юрга: ЮТИ ТПУ, 2014. – 21с

27. РД 102-011-89 «Охрана труда. Организационно-методические документы».

28. ПБ 03-576-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

29. СанПиН 2.6.1.1015-01 Гигиенические требования к устройству и эксплуатации радиоизотопных приборов.

30. Расчет защитного заземления //Электронный ресурс//. Режим доступа: <https://electricvdome.ru/zazemlenie/raschet-zazemlenia.html>. Дата обращения. 17.05.2019 г.

31. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов. Изд. 3-е. исп. и доп. /С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф., Козьяков и др.; Под общ. Ред. С.В. Белова. – М: Высшая школа, 2001. – 485с.