

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технология сборки и сварки ресивера для аппарата ИВЛ

УДК 621.791.01:621.43.053.2:616.24-085.816.2-74

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В71	Щеглов Ярослав Александрович		10.06.2021

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина А.А	К.Т.Н.		10.06.2021

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Маланина В.А	К.Э.Н.		10.06.2021

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева И. И.	-		10.06.2021

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арышева Г.В.	К.Т.Н.		10.06.2021

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	А.А. Першина	К.Т.Н.		15.06.2021

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология
сварочного производства
 Отделение электронной инженерии

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-2	осознает сущности и значения информации в развитии современного общества
ОПК(У)-3	владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации
ОПК(У)-4	способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)-2	способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
ПК(У)-3	способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)-4	способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в

	ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)-5	умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-6	умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-8	умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-16	способен к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки
ПК(У)-17	умеет обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
ПК(У)-18	способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения
ПК(У)-19	способен участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности
Профессиональные компетенции университета	
ДПК(У)-1	Способен контролировать соответствие основных и свариваемых материалов, сварочного и вспомогательного оборудования, оснастки и инструмента, технологической документации, соблюдения технологической дисциплины и правильной эксплуатации технологического оборудования
ДПК(У)-2	Способен составлять планы размещения оборудования, технического оснащения и организации рабочих мест, производить расчет производственной мощности и загрузки оборудования
ДПК(У)-3	Способен изучать и анализировать причины возникновения брака и выпуска продукции низкого качества, участие в разработке мероприятий по их предупреждению и устранению

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология
сварочного производства
 Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
IB71	Щеглову Ярославу Александровичу

Тема работы:

Технология сборки и сварки ресивера для аппарата ИВЛ	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	25-14/с От 25.01.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2021
--	------------

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>	<p>Настоящее техническое задание распространяется на разработку технологии сборки и сварки ресивера для аппарата ИВЛ. Ресивер применяется в медицинской промышленности для хранения и выдачи кислорода.</p> <p>В связи с тем, что парк эксплуатируемых на сегодняшний день ресиверов отрабатывает свой срок и требует замены, спрос на кислородные ресиверы возрастает, а изготовление ресиверов является перспективным направлением промышленности.</p>
---	--

<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. Описание конструкции 3. Разработка технологии сборки и сварки <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Выбор способа сварки 3.2. Выбор сварочных материалов 3.3. Расчет параметров режима сварки 3.4. Выбор сварочного оборудования 3.5. Методы борьбы со сварочными деформациями 3.6. План раскроя заготовок 3.7. Заготовительные операции 3.8. Сборочные операции 3.9. Сварочные операции 3.10. Контроль качества сварных соединений 4. Комплект технологической документации
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>План раскроя заготовок Конструктивные элементы кромок Сборка конструкции Конструктивные элементы шва Схема выполнения сварных швов</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Обзор литературы</p>	<p>Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ</p>
<p>Описание сварной конструкции</p>	<p>Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ</p>
<p>Разработка технологии</p>	<p>Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ</p>
<p>Комплект технологических документов</p>	<p>Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</p>	
<p>Реферат</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>26.10.2020</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент ОЭИ</p>	<p>Першина А.А.</p>	<p>к.т.н.</p>		<p>15.06.2021</p>

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>1В71</p>	<p>Щеглов Ярослав Александрович</p>		<p>15.06.2021</p>

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология
сварочного производства
 Отделение электронной инженерии

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.02.2021	1. Обзор литературы	8
28.02.2021	2. Описание конструкции	8
15.03.2021	3. Разработка технологии сборки и сварки 3.1 Выбор способа сварки 3.2 Выбор сварочных материалов	8
30.03.2021	3.3 Расчет параметров режима сварки 3.4 Выбор сварочного оборудования	8
05.04.2021	3.5 Методы борьбы со сварочными деформациями	8
20.04.2021	3.6 План раскрытия заготовок 3.7 Заготовительные операции	8
05.05.2021	3.8 Сборочные операции	8
15.05.2021	3.8.1 Сварочные операции 3.9 Контроль качества сварных соединений	8
30.05.2021	4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	8
30.05.2021	5 Социальная ответственность	10
10.06.2021	Комплект технологической документации	10
10.06.2021	Заключение	8

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Першина Анна Александровна	К.Т.Н.		15.06.2021

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Першина Анна Александровна	К.Т.Н.		15.06.2021

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

Студенту:

Группа	ФИО
1В71	Щеглов Ярослав Александрович

Институт	ИШНКБ	Отделение	ОТСП
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.01.03 Машиностроение

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

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

Перечень вопросов, подлежащих разработке:

<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений
<i>Формирование плана и графика разработки проекта</i>	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта
<i>Планирование и формирование бюджета проекта</i>	Определение текущих затрат на сварочные работы
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Сравнительная экономическая оценка способов сварки

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

<ol style="list-style-type: none"> 1. Карта сегментирования рынка 2. Диаграмма Ганта 	
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Маланина В.А	к.э.н.		10.06.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В71	Щеглов Ярослав Александрович		10.06.2021

Задание для раздела «Социальная ответственность»

Студенту:

Группа	ФИО
1В71	Щеглов Ярослав Александрович

Школа	Неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 - Машиностроение

Тема ВКР:

Технология сборки и сварки ресивера для аппарата ИВЛ	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Ресивер для аппарата ИВЛ применяется для хранения и выдачи кислорода. Эксплуатация проектируемого ресивера относится к отрасли промышленности, а именно к медицинской.</p> <p>Производство резервуара осуществляется в заводских условиях с применением следующего основного оборудования:</p> <ul style="list-style-type: none"> - листопрямляющая машина; - листогибочная машина; - станок плазменной резки с ЧПУ; - кромкоскалывающая машина; - сварочный аппарат; - ножницы гильотинные.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> - ГОСТ 5264–80. Основные типы, конструктивные элементы и оборудование размеры. - ГОСТ 6996–66. Сварные соединения. Методы определения механических свойств. - ГОСТ 14771-76. «Дуговая сварка в защитном газе». - ГОСТ Р ИСО 17637 – 2014. «Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением» - ГОСТ 19521–74. Сварка металлов. Классификация. - ГОСТ 34347 – 2017. «Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия». - ГОСТ Р 55724-2013. «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые». - Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018). - ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

	<ul style="list-style-type: none"> - ГОСТ Р 56542-2015. Контроль неразрушающий. Классификация видов и оборудование методов. - ГОСТ 23055–78. Контроль неразрушающий. Сварка металлов плавлением. Классификация сварных соединений по результатам радиографического контроля. - РД 03–606–03 Инструкция по визуальному и оборудование измерительному контролю. - ПБ 03-273-99. «Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства». - Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ. - СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. - Приказ №485 от 20 ноября 2017 года «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасного ведения газоопасных, огневых и ремонтных работ»
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>1) Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - повышенный уровень шума и вибраций на рабочем месте; - микроклимат помещения; - недостаточная освещённость рабочей зоны; - вредные вещества - пыль, сварочные аэрозоли, пары и газы; - электромагнитные поля - психофизические факторы (повышенная нагрузка на органы чувств (зрение, слух), тяжелая физическая работа, умственное перенапряжение, монотонность труда, стрессовые эмоциональные перегрузки, высокий уровень интенсивности деятельности, рабочая поза). <p>2) Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - наличие открытых токопроводящих элементов, находящихся под напряжением; - движущиеся механизмы и изделия; - термическая опасность: разбрызгивание металла, повышенная температура поверхностей оборудования
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Изготовление ресивера может сопровождаться выделением в атмосферу, гидросферу и литосферу:</p> <p>1) материальных загрязнителей, таких как:</p> <ul style="list-style-type: none"> - твердые аэрозоли, образованными пылеватыми частицами металлов и абразивных материалов; - газообразные (парообразные) загрязнители, поступающие в воздух через вентиляционные выбросы; - отходы металлообработки за счет выброса сточных вод; - твердые промышленные отходы (стружки и опилки металлов, отслужившее свой срок металлическое оборудование, сконденсированная пыль); <p>2) энергетических загрязнителей, таких как:</p> <ul style="list-style-type: none"> - высокий уровень шума, вибрации, тепловые загрязнения (за счет выделения теплоты при обработке поверхностей металлов и работы оборудования), - электромагнитные поля, выделяемые работающим оборудованием (трансформаторы, индукторы, различные генераторы), - отраженное лазерное излучение, возникающее при использовании

	<p>лазеров в технологическом процессе.</p> <p>Твердые промышленные и бытовые отходы подлежат утилизации путем переработки отходов во вторичное сырье.</p> <p>Утилизация отработанных люминесцентных ламп осуществляется специализированной организацией, имеющей лицензию на проведение подобного вида работ, путем составления договора с данной организацией согласно действующим нормам по утилизации.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Среди возможных чрезвычайных ситуаций можно выделить пожар и (или) взрыв.</p> <p>Одной из причин возникновения пожара при изготовлении резервуара является короткое замыкание, разбрызгивание расплавленного металла при проведении сварочных работ, искры при плазменной резке металла и др.</p> <p>При эксплуатации ресивера причиной пожара и (или) взрыва может послужить утечка кислорода.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2021
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева И. И.	-		10.06.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В71	Щеглов Ярослав Александрович		10.06.2021

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 110 страницы, 4 рисунка, 40 таблиц и 26 источников.

Ключевые слова: ресивер, обечайка, сварочные деформации, дуговая сварка неплавящимся электродом, защитный газ, стыковое соединение, тавровое соединение, угловое соединение, маршрутная карта, операционная карта.

Объектом исследования является технология сборки и сварки ресивера для аппарата ИВЛ.

Цель работы – совершенствование существующей на предприятии технологии сварки ресивера для аппарата ИВЛ путем замены полуавтоматической сварки в среде защитных газов на дуговую сварку неплавящимся электродом в среде защитных газов.

В процессе исследования проведено технико-экономическое сравнение полуавтоматической сварки в среде защитных газов на дуговую сварку неплавящимся электродом в среде защитных газов.

В результате исследования был получен результат, подтверждающий правильность произведенной замены способа сварки разрабатываемого ресивера.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: длина ресивера 1005 мм, диаметр 140 мм, объём 0.012 м³, рабочая температура от минус 20 до плюс 40 °С.

Область применения: результаты ВКР рекомендуются к применению на предприятиях, изготавливающих медицинское оборудование, емкостные аппараты и другие подобных сооружения.

Экономическая эффективность работы: повышение производительности и снижение затрат при выполнении сварочных работ.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

- коэффициент наплавки: показатель производительности сварочного процесса.
- режимы сварки: основные физические показатели, которые определяют весь ход процесса сварки металла и устанавливаются, опираясь на исходные данные.
- сварка: процесс получения неразъёмного соединения посредством возникновения межатомных связей между свариваемыми деталями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместном действии того и другого.
- сварное соединение: неразъёмное соединение, выполнение сваркой, имеющее три характерные зоны, которые образуются в процессе сварки: зона сварного шва, зона сплавления изделий и зона термического влияния, а также основную часть металла, прилегающую к зоне термического влияния.
- сварочное оборудование: машины, аппараты и приспособления, необходимые для изготовления из заготовок сварных изделий.
- сварочная ванна: часть сварного шва в изделии, где основной металл достиг точки плавления и куда проникает присадочный материал.

В данной работе использованы следующие обозначения и сокращения:

КПД - коэффициент полезного действия;

НД – нормативный документ;

НК - неразрушающий контроль;

ВИК – визуальный и измерительный контроль.

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

ВАХ - вольтамперная характеристика;

ψ – относительное сужение, %;

КСУ – ударная вязкость, кДж / м²;

σ_B – предел прочности, МПа;

σ_T – предел текучести, МПа;

δ – относительное удлинение, %.

δ_5 – относительное удлинение, МПа;

$d_э$ – диаметр электродного стержня, мм;

α_n – коэффициент наплавки г/А^{-ч};

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за проход, мм²;

$q_{эф}$ – эффективная тепловая мощность сварочной дуги, Дж;

$I_{св}$ – ток сварочной дуги, А;

U_d – напряжений на дуге, В;

$V_{св}$ – скорость перемещения сварочной дуги, м/ч.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты

- ГОСТ 6996–66 Сварные соединения. Методы определения механических свойств.

- ГОСТ 949-73 Баллоны стальные малого и среднего объёма для газов.

- ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе.

- ГОСТ Р ИСО 17637 – 2014 Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением

- ГОСТ 19521–74 Сварка металлов. Классификация.

- ГОСТ 23055–78 Контроль неразрушающий. Сварка металлов плавлением. Классификация сварных соединений по результатам радиографического контроля.

- ГОСТ 34347 – 2017 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия.

- ГОСТ Р 55724-2013 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.

- ГОСТ Р 56542-2015 Контроль неразрушающий.

Классификация видов и оборудование методов.

- РД 03–606–03 Инструкция по визуальному и оборудованию измерительному контролю.
- Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ.
- СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические.
- Приказ №485 от 20 ноября 2017 года «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасного ведения газоопасных, огневых и ремонтных работ».
- ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность, гигиеническое нормирование вибрации на рабочих местах.
- ГОСТ 12.1.003- 83 Нормируемые параметры шума на рабочих местах.
- ГОСТ 12.1.005-88 Нормы производственного микроклимата, установленные системой безопасности труда.
- ГОСТ 12.0.002-74 Требования на предприятии соблюдаемые с целью уменьшения опасности поражения электрическим током.
- ГОСТ 17.2.3.02- 78 Требования для предприятий по выбросу вредных веществ в атмосферу.

Оглавление

Введение	18
1 Обзор литературы по исследованию ресивера для аппарата ИВЛ	22
1.1 Основные требования, предъявляемые к конструкции резервуаров	22
1.2 Требования, предъявляемые к сборке и сварке конструкции резервуаров.	23
2 Объект и методы исследования	26
2.1 Описание конструкции разрабатываемого ресивера.....	26
2.2 Материал конструкции разрабатываемого резервуара.....	27
2.3 Входной контроль основного материала для изготовления разрабатываемого ресивера	29
2.4 Свариваемость стали 12Х18Н10Т	30
3 Расчет и аналитика	34
3.1 Выбор способа сварки.....	34
3.2 Выбор сварочных материалов.....	35
3.2.1 Выбор и обоснование защитного газа	35
3.2.2 Выбор сварочной проволоки	36
3.2.3 Входной контроль сварочных материалов	36
3.3 Расчет параметров режима сварки резервуара	37
3.3.1 Сварка обечайки	37
3.3.2 Сварка днища	40
3.4 Выбор сварочного оборудования.....	40
3.5 Методы борьбы со сварочными деформациями.....	42
3.6 Заготовительные операции	44
3.6.1 Выбор оборудования для заготовки деталей	45

3.7	Технология сборки и сварки конструкции.....	47
3.7.1	Маршрутная технология сборки и сварки	48
3.8	Контроль качества сварных соединений.....	48
3.8.1	Методы исправления дефектов сварных швов.....	51
4	Результаты разработки	53
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	54
5.1	Потенциальные потребители результатов разработки технологии	54
5.2	Планирование проекта	55
5.2.1	Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка графика	56
5.3	Расчет норм времени на сварку.....	60
5.4	Экономическая оценка сравниваемых способов сварки.....	66
5.4.1	Затраты на сварочные материалы.....	67
5.4.2	Затраты на защитный газ.....	68
5.4.3	Затраты на заработанную плату рабочих	69
5.4.4	Затраты на отчисления на социальные цели	70
5.4.5	Затраты на электроэнергию.....	71
5.4.6	Затраты на ремонт оборудования.....	72
5.4.7	Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва.....	73
6	Социальная ответственность.....	75
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	75
6.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	75
6.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	75
6.2	Производственная безопасность.....	76
6.2.1	Повышенный уровень вибрации.....	77

6.2.2 Освещенность рабочей зоны	78
6.2.3 Отклонение показателей микроклимата	79
6.2.4 Вредные вещества	80
6.2.5 Электрический ток.....	81
6.2.6 Термические ожоги	83
6.2.7 Движущиеся машины.....	83
6.2.8 Уровень шума на рабочем месте.....	84
6.2.9 Психофизиологические факторы	85
6.3 Экологическая безопасность	85
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	86
6.4.1 Причины возникновения чрезвычайных ситуаций на предприятии	86
6.4.2 Общие требования пожарной безопасности	86
6.4.3 Требования пожарной безопасности в аварийных ситуациях	88
Заключение.....	90
Список использованных источников	91
Приложение А Комплект технологической документации	94
Приложение Б Комплект чертежей для изготовления ресивера	107

Введение

Ресивер (англ. receiver - приёмник, от англ. receive - получать, принимать, вмещать) - технический сосуд под давлением, может принимать как жидкие, так и газообразные среды. Используется в качестве накопителя для хранения сжатого газа или жидкости под давлением и для сглаживания перепадов давления газа.

Общие положения для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуда в зависимости от назначения должны быть оснащены: запорной или запорно-регулирующей арматурой; приборами для измерения давления; приборами для измерения температуры; предохранительными устройствами; указателями уровня жидкости.

Различают несколько видов ресиверов, которые делятся на место их применения. В целом, данные сосуды можно встретить в составе различного оборудования хранения и производства сжатого воздуха, а также самых различных газов: азота, хладагента, аммиака, кислорода и так далее.

Можно выделить следующие виды ресиверов:

- линейные. При работе специального оборудования требуется их стабильное заполнение жидкостью. При изменении тепловой нагрузки возможно попадание в них пара. Чтобы не допустить этого, устанавливается линейный ресивер, который помогает в создании равномерного потока жидкости, движущегося к регулятору. Хладагент превращается в гидравлический затвор, за счет которого не происходит попадание пара в испаритель.
- защитные. Используются в системах подачи хладагента, в которых не используется насосное оборудование. В ресивер осуществляется слив жидкости из испарителей и других устройств.
- дренажные (РД или РДВ). В ходе эксплуатации или ремонта элементов холодильной установки в дренажные сосуды поступает жидкий хладагент, что позволяет использовать его для бесперебойного

функционирования циркуляционного насоса.

- циркуляционные. Эти устройства используют, как правило, в циркуляционном нагнетающем оборудовании, которое осуществляет подачу хладагента, находящегося в жидком состоянии, испарительным системам.

Кислородный ресивер - это особый тип емкостного оборудования, предназначенный для хранения кислорода, находящегося в условиях высокого давления. Конструкция и характеристики ресивера адаптированы именно для хранения этого газа в наиболее оптимальных для этого условиях.

Классификация кислородных ресиверов:

- Технический. Может содержать незначительное количество примесей. Общая доля чистого кислорода не менее 99,5%. Получают методом низкотемпературной ректификации и электролизом воды. Применяется в сварке и резке металла, пайке, энергетике, нефтедобывающей промышленности, химии и сельском хозяйстве.

- Медицинский. Доля кислорода не менее 99,5%. Газ не имеет запаха. Может содержать незначительное количество водяных паров (0,009%) и двуокиси углерода (0,01%). Получают только путем низкотемпературной ректификации. Используется в лечебных, оздоровительных учреждениях и в быту для компенсации недостатка кислорода в воздухе.

- Кислород особой чистоты. Максимально очищенный от примесей, доля вещества составляет 99,999% от общего объема. Применяется в производстве электроники и измерительной техники.

Ресиверы кислорода применяются для хранения кислорода под давлением до 16,0 МПа. Кроме этого, ресиверы кислорода способны сглаживать пульсацию потока кислорода при последующем использовании компрессорных линиях, а также поддерживать стабильное давление вне зависимости от расхода.

Ресиверы кислорода применяются в различных сферах промышленности нефтегазовой, химической (для процессов обжига и синтеза),

металлургической, при получении минеральных удобрений, а также в медицине.

В сложных технологических цепочках ресиверы кислорода могут присоединяться последовательно или параллельно. В первом случае производительность каждого последующего ресивера уменьшается, но при этом улучшается качество подаваемого кислорода: воздухоборник выступает в качестве сепаратора, где происходит выведение влаги и масла из кислорода.

Свойства рабочей среды, ее агрессивные характеристики, определяют особенность устройства кислородных ресиверов, а также выбор материалов для изготовления воздухоборников кислорода.

Важнейшими техническими характеристиками ресивера являются объем, толщина стенки и предельное давление, на которое рассчитан агрегат. Описание ресивера для хранения газа содержит основные технические характеристики аппарата, а также условия его эксплуатации.

В настоящее время практикуется изготовление кислородных баллонов из углеродистой или легированной стали, металлопластика, композитных материалов. Стоит сказать о том, что композитные баллоны появились на рынке сравнительно недавно, поэтому, несмотря на заверения производителей, они достаточно часто не способны работать длительное время под заявленным давлением.

Так в свое время такие баллоны поставлялись для изолирующих дыхательных аппаратов горноспасательной службы Украины, но в течение 5-6 лет практически весь баллонный парк такого типа был снят с оснащения. Технология их изготовления постоянно совершенствуется, и в ближайшем будущем они смогут на равных конкурировать со стандартными стальными баллонами, которые сейчас используют чаще всего. Основное преимущество композитных баллонов, это их небольшая масса.

Таким образом, актуальность темы выпускной квалификационной работы связана с возрастающим спросом на ресиверы, а их изготовление является перспективным направлением промышленности.

Цель работы – совершенствование существующей на предприятии технологии сварки ресивера для аппарата ИВЛ путем замены полуавтоматической сварки в среде защитных газов на дуговую сварку неплавящимся электродом в среде защитных газ.

Объектом исследования является технология сборки и сварки ресивера для аппарата ИВЛ.

Предметом исследования является совершенствование существующей технологии сварки исследуемого ресивера.

Результаты, приведенные в ВКР, могут быть использованы на предприятиях, изготавливающие резервуарное оборудование, емкостные аппараты и другие подобные сооружения.

1 Обзор литературы по исследованию ресивера для аппарата ИВЛ

1.1 Основные требования, предъявляемые к конструкции резервуаров

Согласно ГОСТ 34347-2017 [1], к конструкции резервуаров предъявляются следующие основные требования:

- Конструкция сосудов должна быть технологичной, надежной в течение установленного в технической документации срока службы, обеспечивать безопасность при изготовлении, монтаже и эксплуатации, предусматривать возможность осмотра (в том числе внутренней поверхности), очистки, промывки, продувки и ремонта, контроля технического состояния сосуда при диагностировании, а также контроля за отсутствием давления и отбора среды перед открытием сосуда.

Если конструкция сосуда не позволяет при техническом освидетельствовании проведение осмотра (наружного или внутреннего), гидравлического испытания, то разработчик сосуда должен в технической документации на сосуд указать методику, периодичность и объем контроля сосуда, выполнение которых обеспечит своевременное выявление и устранение дефектов.

- Срок службы сосуда устанавливает разработчик сосуда, и он указывается в технической документации.

- При проектировании сосудов следует учитывать требования Правил перевозки грузов железнодорожным, водным и автомобильным транспортом. Сосуды, которые не могут быть транспортированы в собранном виде, должны проектироваться из частей, соответствующих по габаритам требованиям к перевозке транспортными средствами. Деление сосуда на транспортируемые части следует указывать в технической документации.

- Сосуды, транспортируемые в собранном виде, а также транспортируемые части должны иметь строповые устройства (захватные

приспособления) для проведения погрузочно-разгрузочных работ, подъема и установки сосудов в проектное положение.

- Сварные швы должны быть доступны для проведения контроля.
- Допускается использовать технологические штуцера, горловины, уступы, бурты и другие конструктивные элементы сосудов при подтверждении расчетом на прочность [1].

1.2 Требования, предъявляемые к сборке и сварке конструкции резервуаров.

Сварка нержавеющей стали может производиться различными способами. Но наиболее часто используют 3 основные технологии:

1. Ручной дуговой сваркой плавящимися электродами (ММА). Этот метод наиболее распространен в домашних условиях, т.к. инверторы для РДС по цене доступны каждому сварщику. Отличается самым низким качеством, поэтому в промышленных масштабах практически не используется.

2. Полуавтоматической сваркой проволокой в среде защитного газа (MIG/MAG), для этого отлично подойдут сварочные полуавтоматы. Наиболее эффективный способ: быстрый, образующий ровный шов. Лучше подходит для более толстых деталей.

3. Сварку неплавящимися электродами в среде инертного газа (TIG), чаще всего используют инверторы для аргонодуговой сварки. Более предпочтителен при сварке тонких заготовок.

Кроме того, сварка нержавеющей стали может производиться и менее распространёнными способами.

К ним относятся:

1. Точечная и роликовая сварка;
2. Плазменная сварка;

3. Лазерная сварка.

Но, использование этих технологий ограничивается высокой стоимостью и сложностью процесса. Поэтому их применяют исключительно при необходимости сварки деталей, требующей высокой точности или при обработке трудносвариваемых материалов.

Сварка нержавеющей стали имеет свои нюансы, которые определяются свойствами этого материала:

- Присутствие в составе стали хрома. Этот металл под воздействием высокой температуры реагирует с углеродом, образуя карбид хрома, тем самым снижается прочность сварного соединения. Поэтому место сварки быстро охлаждают (иногда даже обычной водой).
- Пониженная теплопроводность. В связи с чем, силу тока сварки необходимо снизить на 15-20% по сравнению с процессом обработки обычной стали.
- Повышенный коэффициент расширения металла. Поэтому необходимо постоянно следить за величиной зазора между свариваемыми деталями.
- Большое электрическое сопротивление. По этой причине электроды с хромоникелевыми стержнями имеют ограниченную (до 350 мм) длину.

Эти четыре основные особенности сварки нержавеющей стали необходимо всегда учитывать, приступая к работе. Только выполняя указанные выше условия, можно добиться качественных результатов.

Согласно ГОСТ 34347-2017 [1] к данной конструкции предъявляются следующие требования на сборку и сварку:

- Сварку корпусов сосудов 1, 2, 3 и 4-й групп, а также сварку их внутренних и наружных деталей должны проводить аттестованные сварщики согласно ПБ 03-273–99 [2].

- Сосуды в зависимости от конструкции и размеров могут быть изготовлены с применением всех аттестованных видов промышленной сварки, за исключением газовой сварки. Применение газовой сварки допускается только для труб и змеевиков диаметром до 80 мм и толщиной стенки не более 4 мм.

- Сварку и наплавку сосудов (сборочных единиц, деталей) необходимо проводить в соответствии с требованиями технических условий на изготовление или технологической документации.

- Все сварочные работы при изготовлении сосудов (сборочных единиц, деталей) необходимо проводить при положительных температурах.

- Форма подготовки кромок должна соответствовать требованиям технической и проектной документации.

Кромки подготовленных под сварку элементов сосудов должны быть зачищены на ширину не менее 20 мм, а для электрошлаковой сварки - на ширину не менее 50 мм. Кромки не должны иметь следов ржавчины, окалины, масла и прочих загрязнений. Кромки должны проходить визуальный контроль для выявления пороков металла.

Не допускаются расслоения, закаты, трещины, а для двухслойной стали также и отслоения коррозионноустойчивого слоя.

- Размеры дефектов не должны превышать допустимых размеров для сварных соединений соответствующих групп сосудов и аппаратов.

- Все сварные швы подлежат клеймению, позволяющему установить сварщика, выполнявшего эти швы.

2 Объект и методы исследования

2.1 Описание конструкции разрабатываемого ресивера

Кислородный ресивер для аппарата ИВЛ объемом 0,012 м³ является одностенной металлической емкостью цилиндрической формы, предназначен для хранения кислорода в медицинских учреждениях.

Подобные резервуары могут использоваться не только в медицинской промышленности, но и нефтегазовой, химической (для процессов обжига и синтеза), металлургической, при получении минеральных удобрений.

Данный резервуар представляет собой цилиндрический сосуд (рисунок 1), состоящий из 1 цилиндрической обечайки, 2 эллиптических днищ, люк-горловой диаметр.

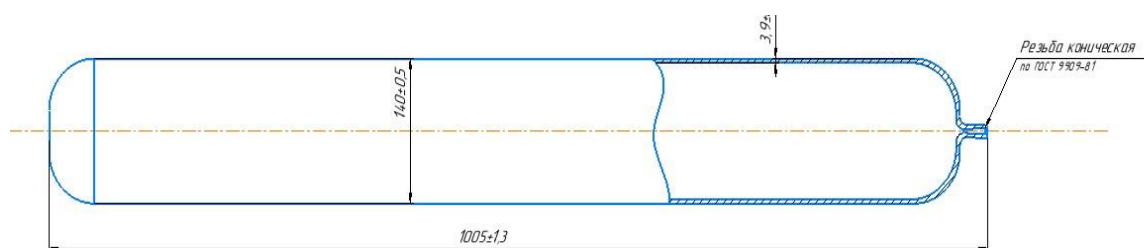


Рисунок 1- Ресивер для аппарата ИВЛ

Габаритные размеры и технические характеристики резервуара представлены в таблице 1 и 2 соответственно.

Таблица 1 – Габаритные размеры ресивера

Наименование параметра	Значение параметра
Длина ресивера, L, мм	1005
Диаметр цилиндрической части ресивера, D ₁ , мм	140
Толщина стенки ресивера, s, мм	3,9
Масса ресивера, , m, мм	15.6

Таблица 2 – Технические характеристики резервуара

Наименование параметра	Значение параметра
Назначение резервуара	Для хранения газов
Рабочее давление, МПа	14,7
Рабочая температура,	От - 20 до + 40
Предел текучести σ_s , Н/мм	687
Временное сопротивление δ_5 , Н/мм	883
Ударная вязкость КСУ, Дж/см	98,1
Основной материал	12X18H10T

2.2 Материал конструкции разрабатываемого резервуара

При изготовлении ресиверов от правильного выбора основного материала зависит прочность, надежность и экономичность конструкции.

Согласно ГОСТ 949-73, а именно, - «Баллоны на рабочее давление 14,7 и 19,6 Мпа должны изготавливаться из легированной стали» [3], принимаем за основной материал сталь – 12X18H10T.

Сталь 12X18H10T является конструкторской нержавеющей сталью аустенитно класса используется для изготовления сосудов, работающих под высоким давлением.

Хромоникелетитановая аустенитная сталь 12X18H10T получила наибольшее распространение в промышленности ввиду возможности успешного использования ее в разнообразных эксплуатационных условиях. Она обладает высокой коррозионной стойкостью в ряде жидких сред, устойчива против межкристаллитной коррозии после сварочного нагрева,

сравнительно мало охрупчивается в результате длительного воздействия высоких температур и может быть применена в качестве жаропрочного материала при температурах $\sim 600^{\circ}\text{C}$. Будучи высокопластичной в условиях глубокого холода, эта сталь используется в установках для получения жидкого кислорода.

Химический состав стали 12X18H10T согласно ГОСТ 5632-72 представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав стали 12X18H10T [4]

Содержание химических элементов, %							
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
до 0,12	до 0,8	до 2	9-11	до 0,02	до 0,035	17-19	до 0,3

Механические и технологические свойства стали 12X18H10T приведены в таблице 4 и 5 соответственно.

Таблица 4 – Механические свойства стали 12X18H10T [4]

σ_b , МПа	σ_t , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, кДж/м ²	
				при T = +20 °C	при T = -40 °C
530-550	215-280	38-41	-	28,6	30,3

Таблица 5 – Технологические свойства стали 12Х18Н10Т [4]

Свариваемость	Без ограничений
Флокеночувствительность	Не чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	Не склонна

Исходя из характеристик металла, химического состава, механических и технологических свойств выбранная сталь подходит для изготовления данной конструкции.

2.3 Входной контроль основного материала для изготовления разрабатываемого ресивера

Согласно ГОСТ 949-73[3] :

- поступающие на завод-изготовитель от поставщиков металлопрокат(прокат), сварочные, лакокрасочные материалы и крепежные изделия при приемке должны быть проверены службой технического контроля предприятия по количеству, комплектности и соответствию стандартам, техническим условиям, договорам о поставке, наряд-заказам.
- Вид и план входного контроля устанавливают технические службы предприятия, при необходимости по согласованию с поставщиком.
- На каждый принятый вагон металлопроката, вид проката, марку стали, плавку должен быть составлен приемочный акт.
- При приемке проката следует проверять:
 - количество по теоретической массе, сортамент и марки сталей по наряд-заказам, клеймам или биркам предприятия-поставщика;
 - отсутствие видимых в прокате расслоений, трещин, раковин, закатов, вмятин и общих деформаций, превышающих допустимые

соответствующими стандартами и ТУ.

- При наличии отклонений от требований Стандарта или ТУ необходимо составить рекламационный акт.
- После приемки производят дополнительную маркировку проката: наносят белой краской номер приемочного акта и цветной - марку стали в соответствии с системой, принятой на предприятии.
- На складе металла следует вести компьютерный, картотечный или журнальный учет движения проката по его приходу и расходу. Учет следует вести по каждому профилю проката с учетом марки стали и номера приемочного акта.

2.4 Свариваемость стали 12X18H10T

Одним из важнейших свойств материалов является их свариваемость.

Свариваемость - это комплексная характеристика, определяемая химическими и физическими свойствами, стали, способами и режимами сварки, применяемой технологией, а также оценивающая способность стали образовывать сварное соединение отвечающие заданным эксплуатационным свойствам.

Удовлетворительная свариваемость должна обеспечивать соответствие сварного соединения определенным техническим требованиям. Поскольку такие требования весьма разнообразны, различными могут быть и показатели, принимаемые для оценки свариваемости. В связи с этим существует ряд испытаний для оценки свариваемости. Из них наиболее часто применяются такие как:

- определение стойкости металла шва к образованию кристаллизационных (горячих) трещин;

- определение стойкости металла околошовной зоны и сварного соединения к образованию холодных трещин;

Выбор вида испытаний для оценки свариваемости того или иного металла зависит от свойств этого металла и условий работы сварного изделия.

Для оценки свариваемости наряду с комплексом различных испытаний специальных образцов можно воспользоваться несколькими косвенными способами оценки свариваемости, выбранными статистическим данным.

$$C_{\text{эвт}} = \left(C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + V}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \right), \quad (2.1)$$

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

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

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

Рассчитаем $C_{\text{эвт}}$ для стали 12X18H10T по следующей формуле:

$$C_{\text{эвт}} = \left(0,12 + \frac{2}{6} + \frac{18}{5} + \frac{10}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2} \right) = 0,44. \quad (2.2)$$

Определим размерный эквивалент углерода по формуле

$$C_p = 0,005 \cdot S \cdot C_3, \quad (2.3)$$

где S -толщина свариваемой стали, тогда:

$$C_p = 0,005 \cdot 1,5 \cdot 0,44 = 0,0033\%. \quad (2.4)$$

Находим суммарный эквивалент углерода C_3 :

$$\sum C_3 = C_3 + C_p. \quad (2.5)$$

$$\sum C_3 = 0,44 + 0,0033 = 0,4433\%. \quad (2.6)$$

Сталь 12X18Н10Т попадает в 3 группу свариваемости $C_3 < 0,45$, следовательно производится сварка без предварительного или сопутствующего подогрева. Горячие трещины относятся к сварочным трещинам, которые могут возникать как в металле сварного шва, так и в зоне термического влияния. Главной причиной возникновения горячих трещин является снижение деформационной способности металла при высоких температурах.

Для повышения стойкости металла против горячих трещин необходимо прежде всего, снизить темп его деформации в температурном интервале хрупкости или улучшить его пластические свойства в этом интервале температур.

Каждое сварное соединение в процессе сварки проходит прежде всего, через температурную область склонности к горячим трещинам. Поэтому необходимо считаться с возможностью образования этих дефектов при сварке всех без исключения сталей.

Оценка свариваемости по горячим трещинам производим по формуле (2.7).

$$HCS = \frac{C * \left(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right) * 1000}{3 * Mn + Cr + Mo + V}, \quad (2.7)$$

$$HCS = \frac{0,12 * \left(0,02 + 0,035 + \frac{0,8}{25} + \frac{10}{100} \right) * 1000}{3 * 2 + 18} = 0,935. \quad (2.8)$$

Так как $HCS < 4$, то риск образования горячих трещин не возникает.

3 Расчет и аналитика

3.1 Выбор способа сварки

Сосуды в зависимости от конструкции и размеров могут быть изготовлены с применением всех аттестованных видов промышленной сварки, за исключением газовой сварки [1].

К основным факторам, влияющим на выбор способа сварки, относятся:

- химический состав материала;
- свариваемость основного металла;
- толщина стенки;
- производительность способа сварки;
- конфигурация, длина и положение сварных швов;
- программа выпуска;
- экономические показатели.

Основным материалом является сталь – 12Х18Н10Т. Данная сталь имеет хорошую свариваемость всеми дуговыми способами сварки.

Сварка данной конструкции происходит в заводских условиях, поэтому сварка производится в нижнем удобном положении. Учитывая, толщину стенки конструкции 3,9 мм, а также, конфигурацию и протяженность сварных швов, ручная дуговая сварка покрытыми электродами является не рациональной, т.к. в данном конкретном случае не будет обеспечивать должной производительностью и экономичностью.

Для данной конструкции с точки зрения производительности, экономичности и качества сварного шва рекомендуется применять полуавтоматическую дуговую сварку в защитной атмосфере инертного газа.

Дуговая сварка неплавящимся электродом в инертном газе обладает следующими основными достоинствами:

- возможности минимального деформирования в свариваемых металлах из-за маленькой зоны прогрева;

- высокое качество сварных соединения за счет использования защитных газов, которые вытесняют кислород;
- минимальные трудозатраты на последующую обработку шва;
- широкий спектр свариваемых материалов;
- относительно большая скорость выполнения работ.

Исходя из конфигурации и протяженности сварных швов: для сварки продольного, кольцевого шва обечайки, а также для приварки днищ и горловины к корпусу ресивера используем полуавтоматическую дуговую сварку в аргоне согласно ГОСТ 14776-79.

3.2 Выбор сварочных материалов

3.2.1 Выбор и обоснование защитного газа

Сварку плавящимся электродом производят в инертных, а также активных газах или смеси газов. При сварке высоколегированных сталей, содержащих легкоокисляющиеся элементы (алюминий, титан и др.), следует использовать инертные газы, преимущественно аргон, и вести процесс на плотностях тока, обеспечивающих струйный перенос электродного металла. При струйном переносе дуга имеет высокую стабильность и практически исключается разбрызгивание металла, что важно для формирования швов в различных пространственных положениях и для ликвидации очагов коррозии, связанных с разбрызгиванием при сварке коррозионностойких и жаростойких сталей. Однако струйный перенос возможен на токах выше критического, при которых возможно образование прожогов при сварке тонколистового металла. Добавка в аргон до 3-5 % O_2 и 15-20 % CO_2 уменьшает критический ток, а создание при этом окислительной атмосферы в зоне дуги снижает вероятность образования пор, вызванных водородом. Однако при сварке в указанных смесях газов увеличивается угар легирующих элементов, а при добавке углекислого газа возможно науглероживание металла шва. Добавкой к аргону 5-10 % N может быть

повышено его содержание в металле шва. Азот является сильным аустенизатором, и таким образом можно изменить структуру металла шва.

Для проведения сварочных работ для стали 12Х18Н10Т применяется 1 сорт аргона, он не должен содержать не меньше 99,95% аргона в соответствии с ГОСТ 10157-2016.

Требования к чистоте углекислоты согласно ГОСТ 10157-2016 [7] представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Требования к чистоте Ar согласно ГОСТ 10157–2016 [7]

Ar, %, не менее	O ₂ , %, не более	N ₂ , %, не более	CO ₂ , %, не более	Содержание водяных паров, %, не более	Температура насыщения, К, не более
99,987	0,002	0,001	0,0005	0,01	215

3.2.2 Выбор сварочной проволоки

Выбор присадочной проволоки производится как по металлургическим, так и по технологическим свойствам. Согласно рекомендациям [6, с.59] применим проволоку Св-04Х19Н11М3 по ГОСТ 2246-70*, следующего химического состава (таблица 7).

Таблица 7 - Химический состав сварочной проволоки Св-04Х19Н11М3 по ГОСТ 2246-70*, %

С	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	S	P
до 0,06	до 0,6	1-2	18-20	2-3	10-12	до 0,018	до 0,025

3.2.3 Входной контроль сварочных материалов

Согласно ГОСТ 949-73 [3] при приемке сварочных и лакокрасочных материалов, крепежных изделий необходимо выполнять следующие правила:

- проверять наличие сопроводительного документа, в котором должно быть указано наименование материала, номер партии и показатели, удостоверяющие соответствие материала требованиям

нормативно- технической документации (НТД);

- определять сохранность тары внешним осмотром;
- определять количество материалов взвешиванием, поштучным пересчетом, теоретически;
- результаты приемки оформляют приемочным актом и включают в общую систему движения материалов на предприятии;
- при необходимости нужно нанести на тару краской номер приемочного акта, а на тару лакокрасочных материалов - дату окончания их годности [3].

3.3 Расчет параметров режима сварки резервуара

Сварку резервуара можно условно разделить на узлы:

- сварка обечайки;
- сварка днища.

3.3.1 Сварка обечайки

Для сварки продольных (рисунок 3) и кольцевых швов обечайки, а также приварки днищ к обечайке целесообразно применение односторонних стыковых соединений с разделкой кромок. Выбираем тип соединения С2 согласно ГОСТ 14771–76 (таблица 8).

Таблица 8 – Конструктивные элементы и размеры соединения С2 согласно ГОСТ 14771–76 [6]

Способ сварки	$S=S_1$, мм	b , мм	e , мм	g , мм
ИП	3,9	$0\pm 0,3$	Не более 9	0 ± 1

Подготовка кромок и форма сварного шва показана на рисунке 2.



Рисунок 2 – Стыковое соединение типа С2 [6]

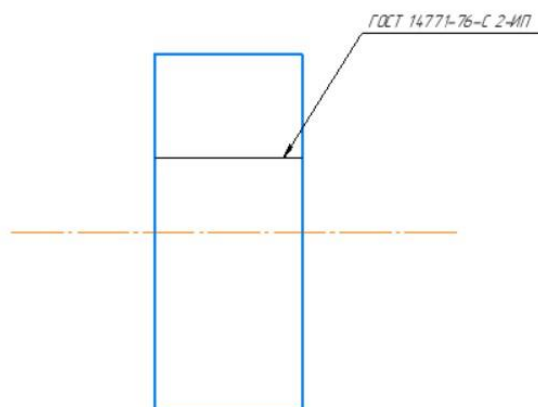


Рисунок 3 – Сварка обечайки

Расчет режимов полуавтоматической сварки:

Величина силы сварочного тока, $I_{св}$ определяется по формуле:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 130 = \frac{3,14 \cdot 1,4^2}{4} \cdot 130 \approx 200 \text{ А.} \quad (3.1)$$

Напряжение сварочной дуги, U_d определяется по формуле:

$$U_d = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d}} \cdot I_{св} \pm 1 = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{1,4}} \cdot 200 \approx 30 \text{ В.} \quad (3.2)$$

Скорость сварки при $d_{эл} = 1,4$, $V_{св}$ определяется по формуле:

$$V_{св} = \frac{\alpha_H \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_H} = \frac{13,3 \cdot 200}{3600 \cdot 7,7 \cdot 8,75} = 15 \text{ м/ч.} \quad (3.3)$$

Скорость подачи электродной проволоки, $V_{\text{пд}}$ определяется по формуле:

$$V_{\text{пд}} = \frac{4\alpha_{\text{н}}I_{\text{св}}}{\pi d_{\text{эл}}^2 \rho} = \frac{4 \cdot 13,3 \cdot 200}{3,14 \cdot 1,4^2 \cdot 7,8} = 222 \text{ м/ч.} \quad (3.4)$$

Коэффициент наплавки, $\alpha_{\text{н}}$ определяется по формуле:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} - (1 - \psi) = 14,43 - (1 - 0,125) = 13,3 \text{ г/(А} \cdot \text{ч)}. \quad (3.5)$$

Коэффициент расплавления проволоки, $\alpha_{\text{р}}$ определяется по формуле:

$$\alpha_{\text{р}} = 3 + 0,08 \cdot \frac{I_{\text{св}}}{d_{\text{э}}} = 3 + 0,08 \cdot \frac{200}{1,4} = 14,43 \text{ г/(А} \cdot \text{ч)}. \quad (3.6)$$

Погонная энергия определяется по формуле:

$$q_{\text{п}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{эф}}}{V_{\text{св}}} = \frac{200 \cdot 30 \cdot 0,5}{1,5} = 2000 \text{ Дж/см.} \quad (3.7)$$

Эффективная энергия определяется по формуле:

$$q_{\text{эф}} = I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{эф}} = 200 \cdot 30 \cdot 0,5 = 3000. \quad (3.8)$$

Вылет электрода L , при сварке принимается в пределах 10-20 мм. Принимаем за вылет электрода $L = 15$ мм.

Расход защитного газа определяется из зависимости расхода защитного газа от напряжения и силы сварочного тока. При напряжении $U_{\text{д}} = 30$ В и силе тока $I_{\text{св}} = 200$ А, принимаем за основной расход защитного газа на 1 м сварного шва, $q = 15$ л/мин.

Полученные при расчете параметры режима полуавтоматической сварки в представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Режимы полуавтоматической сварки в аргоне

Номер слоя (валика)	$d_{эл}$, мм	$I_{св}$, А	$U_{д}$, В	L , мм	$V_{св}$, м/ч	$V_{плд}$, м/ч	Расход газа, л/мин
1	1,4	180-250	28-35	14-16	15	222	16-18

3.3.2 Сварка днища

Днища резервуара свариваются кольцевыми стыковыми швами типа С2, как показано на рисунке 4. Сварка производится на режимах, рассчитанных в п.3.3.1.



Рисунок 4 – Сварка днища

3.4 Выбор сварочного оборудования

При дуговой сварке в среде аргона сварочная дуга имеет возрастающую вольт - амперную характеристику. Для обеспечения стабильности процесса и устойчивости работы энергетической системы источник питания – дуга – ванна требуется источник питания дуги с жесткой или пологопадающей внешней вольт - амперной характеристикой.

Приведем для сравнения характеристики несколько комплексов для полуавтоматической сварки.

Сварочный инверторный цифровой комплекс Telwin INVERPULSE 420Комплекс Telwin INVERPULSE 420 для дуговой полуавтоматической сварки в среде защитных газов, на постоянном токе. Микропроцессорное

управление комплектуется станцией водяного охлаждения. В режиме полуавтоматической сварки возможно использовать режим «пульс» и «двойной пульс».

В данном аппарате предусмотрено дистанционное управление. Предназначен для сварки широкого круга металлов: стали, нержавеющей стали, алюминия и их сплавов.

Комплекс Aristo™Mig 4000i.

Система состоит из источника и выносного подающего механизма. Предназначена для полуавтоматической сварки изделий и конструкций с повышенными требованиями по качеству. Выпрямитель выполнен по инверторной технологии. Все внутренние и внешние связи между блоками системы осуществляются по цифровой технологии, гарантирующей высокую скорость и надежность передачи данных. Системы комплектуются блоком водяного охлаждения, подсоединенным к системе энергосбережения источника.

Основные характеристики рассматриваемого оборудования приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Основные параметры сварочных комплексов

	Telwin INVERPULSE420	Aristo™Migu4000i
Максимальная мощность, кВт	26,5	24,6
Пределы регулирования тока, А	10 – 400	16 - 400
Диаметр проволоки, мм	0,6 – 1,6	0,6 – 1,6
Габариты, мм	1110x600x1550	800x450x1350
Вес, кг	120	57

Принимаем для осуществления механизированной сварки в аргоне сварочный инверторный цифровой полуавтомат Aristo™ Mig u4000i, так как он соответствует всем требованиям, предъявляемым для качественной

сварки, так же он подходит под назначенные режимы сварки. В комплектность входит: источника питания инверторного типа, механизм подачи, редуктор- расходомер.

3.5 Методы борьбы со сварочными деформациями

Сварочные деформации — это искажение формы под действием прилагаемых сил. Нарушения могут проявиться не сразу после завершения сварочных работ, а во время эксплуатации из-за увеличения нагрузки.

При сварки кислородного ресивера возникают следующие деформации:

- Неравномерный нагрев сварочной зоны и прилегающих участков. Более горячий металл расширяется больше чем холодный, поэтому между слоями с разной температурой начинает концентрироваться напряженность. Ее величина определяется степенью нагревания и коэффициентом теплового расширения. Чем больше эти значения, тем выше вероятность нарушения геометрии конструкций.
- Усадки. Когда при охлаждении после сварки металл переходит из жидкой фазы в твердое состояние, объем уменьшается. Этот процесс сопровождается растягиванием прилегающих участков с образованием напряжений, направленных вдоль или поперек шва. Продольное воздействие изменяет длину соединения, а поперечное способствует образованию угловой деформации.
- Структурные изменения. При сварке высокоуглеродистой или легированной стали с большим нагревом происходит процесс закаливания с изменением объема и коэффициента теплового расширения. Это явление создает напряжения, приводящие к образованию трещин внутри и на поверхности швов. У сталей, в составе которых углерода меньше 0,35%, структурные изменения настолько малы, что не оказывают существенного влияния на качество сварных соединений.

Для избежание данных деформаций применяют следующие действия:

1. Сборку конструкций по возможности осуществлять с применением сборочных приспособлений, которые обеспечивают свободное перемещение свариваемых конструкций от усадки швов. Необходимо контролировать соблюдение размеров притуплений, зазоров и соосность элементов.

2. Выполнять необходимую последовательность сварки швов, чередование слоев двухстороннего шва, строго выполнять последовательность и порядок сварки швов, указанные в типовой технологии или проекте производства сварочных работ.

3. Не допускать увеличения силы сварочного тока больше рекомендуемой для электродов применяемого типа и диаметра.

4. Для уменьшения деформации деталей необходимо их жестко закрепить перед сваркой с помощью прихваток или приспособлений.

5. Использовать предварительный обратный выгиб листовых деталей (листов корпуса резервуаров и др.) для предупреждения угловой деформации.

6. При сварке листовых резервуарных конструкций (днищ и корпусов) в первую очередь сваривать стыки между листами, а затем стыки между полосами или поясами, при обратном порядке не исключено появление трещин в местах пересечений швов, а также увеличение коробления конструкций.

Правка деформированных после сварки конструкций широко применяется на заводах и мастерских при недопустимом искажении формы и размеров конструкций. Различают три метода правки: механическую, термическую и термомеханическую.

Механическая правка основана на образовании пластических удлинений в зоне сварных соединений, вследствие чего устраняются деформации.

Иногда применяют комбинированный термомеханический метод для ликвидации выпучины в тонколистовой стали [16].

3.6 Заготовительные операции

К заготовительным операциям при производстве ресиверов относятся: правка, очистка, разметка, резка, вальцовка листового проката.

Правка листового проката происходит на листопрямительных вальцах. В процессе правки листовой металл закладывается в зазор между цилиндрическими валками, расположенными в шахматном порядке. Прокат несколько раз пропускается через линию валков, в процессе чего, он многократно изгибается и в нем возникают упругопластические или пластические деформации, которые растягивают листовой прокат и устраняют его неровности.

Очистка листового проката производится дробеметным способом. Это одна из самых популярных и производительных технологий очистки листового проката. Мощность подаваемой воздушно-абразивной струи позволяет удалять различные загрязнения и покрытия, ржавчину, а также окалину, неровности, многое другое. В качестве абразива для очистки используется металлическая дробь.

После обработки дробеметным способом очистки листового проката, материал получает шероховатую, чистую поверхность.

Разметка деталей производится мелом по готовым шаблонам.

Раскрой и резка проката, а также вырезка необходимых отверстий производится установкой плазменной резки с ЧПУ.

Так как толщина листового проката 3,9 мм, вальцовку требуется производить на трех вальцовочном станке, путем гибки листового проката, проведения его через вальцы и контролем шаблонами различного диаметра для вальцевания листового проката.

3.6.1 Выбор оборудования для заготовки деталей

Для правки листового проката принимается листопрямильная машина PLT-1206 ROCCIA SRL. Технические характеристики данной установки приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики установки PLT-1206 ROCCIA SRL

Максимальная толщина материала, мм	6
Количество выпрямляющих валиков, шт	19
Диаметр выпрямляющих валиков, мм	55
Твердость рабочих валиков, HRC	до 55
Максимальная ширина, мм	1250
Мощность, кВт	11

Для гибки и вальцевания заготовок обечаек цилиндрической формы принимается листогибочная машина Stalex ESR-1300x4.5 391105. Она позволяет изготавливать заготовки цилиндрической формы с шириной проката до 1300 мм. На выходе обечайки могут иметь замкнутый и открытый контур. Технические характеристики листогибочной машины Stalex ESR-1300x4.5 391105 приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики вальца Stalex ESR-1300x4.5 391105

Наименование параметра	Значение параметра
Наибольшая ширина изгибаемого листа, мм	1300
Наибольшая толщина изгибаемого листа, мм:	4.5
Наименьший радиус гибки, мм	120
Привод машины	электрический
Масса машины (без механизации), кг	570
Длина/ширина/высота, мм	2000/760/1270

Для получения заготовок из листов используем плазменную резку. В качестве оборудования для резки принимаем плазморез Blue Weld PRECISE PLASMA 160 HF 815977 (таблица 13).

Таблица 13 – Технические характеристики Blue Weld PRECISE PLASMA 160 [5]

Показатели	Значения
Мах толщина реза, мм	45
Напряжение, В	220/380
Давление, бар	4-5
Ток, А	20-160
Мах мощность, кВт	25
Расход воздуха, л/мин	200
Габариты, мм	870x590x860

Учитывая габариты данной конструкции, диаметр эллиптических днищ и толщину стенки конструкции, используется комплекс оборудования для штамповки и отбортовки днищ.

Для холодной штамповки применяется гидравлический пресс SAHINLER DEP 200x4000 с манипулятором. Технические характеристики прессы SAHINLER DEP 200x4000 представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики гидравлического прессы SAHINLER DEP 200x4000 с манипулятором

Наименование параметра	Значение параметра
Мощность прессы, кН	2000
Максимальное давление, Бар	255
Ход, мм	500
Рабочая скорость, м/мин	8
Мощность двигателя, кВт	11
Габаритные размеры, мм	6500x10000x3350

Отбортовка кромок производится методом холодного фланжирования (раскатки), с помощью фланжировочной машины Sahinler FM12.

Технические характеристики данной машины представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Технические характеристики машины Sahinler FM12

Наименование параметра	Значение параметра
Максимальный диаметр заготовки, мм	4000
Максимальная толщина листа, мм	12
Мощность главного привода, кВт	37
Мощность вспомогательного двигателя, кВт	7,5
Длина/ширина/высота, мм	4850/1600/3200

3.7 Технология сборки и сварки конструкции

Сборочно-сварочные операции при изготовлении стального ресивера 0,012 м³ делятся на: сварку продольного шва обечайки и эллиптических днищ.

Первым этапом сборочно-сварочных операций является изготовление корпуса ресивера.

Для сварки продольных швов вальцованный лист обечайки укладывают на специальную установку для сварки продольных швов цилиндрических изделий, которая позволяет составить стык, выставляется требуемый зазор с помощью винтовых стяжек и полуструбниц. Стяжки и полуструбницы размещаются по всей длине обечайки с шагом 150 – 300 мм между ними. Далее производится визуально измерительный контроль и полуавтоматическая сварка в среде аргона стыка.

После того как обечайка изготовлена, происходит приварка эллиптических днищ. Производится визуально измерительный контроль и автоматическая сварка в защитных газах.

3.7.1 Маршрутная технология сборки и сварки

Маршрутная технология сборки и сварки изделия состоит из:

- сборки и сварки обечайки;
- приварки днищ.

Маршрутная технология сборки и сварки изделия подробно описана в приложении А.

3.8 Контроль качества сварных соединений

Контроль качества сварных соединений выполняется согласно ГОСТ 34347–2017 [12].

Контроль качества выполняется визуально измерительным и ультразвуковым контролем в объеме 100 % на протяжении всех сборочно – сварочных операций.

Согласно ГОСТ 34347–2017 [12], в сварных соединениях не допускаются следующие поверхностные дефекты:

- трещины всех видов и направлений;
- свищи;
- подрезы;
- наплывы, прожоги и незаплавленные кратеры;
- смещение и совместный увод кромок свариваемых элементов свыше норм, предусмотренных настоящим стандартом;
- несоответствие формы и размеров швов требованиям стандартов, технических условий* или проектной документации;
- поры, выходящие за пределы норм;
- чешуйчатость поверхности и глубина впадин между валиками шва, превышающие допуск на усиление шва по высоте.

Допускаются местные подрезы в сосудах 3, 4 и 5-й групп, предназначенных для работы при температуре выше 0°С. При этом их

глубина не должна превышать 5% толщины стенки, но не более 0,2 мм, а протяженность - 10% длины шва.

В сварных соединениях не допускаются следующие внутренние дефекты:

- трещины всех видов и направлений, в том числе микротрещины, выявленные при металлографическом исследовании;
- свищи;
- смещение основного и плакирующего слоев в сварных соединениях двухслойных сталей выше норм, предусмотренных настоящим стандартом;
- непровары (несплавления), расположенные в сечении сварного соединения;
- поры, шлаковые и вольфрамовые включения, выходящие за пределы норм, установленных допустимым классом дефектности сварного соединения [1].

Визуальный контроль и измерение сварных швов необходимо проводить в соответствии с ГОСТ Р ИСО 17637-2014 [14] после очистки швов и прилегающих к ним поверхностей основного металла от шлака, брызги других загрязнений.

Обязательному визуальному и измерительному контролю подлежат все сварные швы для выявления дефектов, выходящих на поверхность шва и не допустимых в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

Визуальный и измерительный контроль необходимо проводить в доступных местах с двух сторон по всей протяженности шва.

Для выявления внутренних дефектов сварных соединений необходимо применять методы неразрушающего контроля, в которых используют проникающие физические поля: радиографический, ультразвуковой.

Ультразвуковой контроль сварных соединений следует проводить в

соответствии с ГОСТ Р 55724–2013 [13].

При проведении ультразвукового контроля применяются ультразвуковые дефектоскопы с пьезоэлектрическими преобразователями и образцы для настройки дефектоскопа. Дефектоскопы должны быть аттестованы и проверены в установленном порядке.

При проведении ультразвукового контроля, преобразователь перемещают в пределах околошовной зоны подлежащей контролю. Поверхность сварных соединений, подлежащих контролю, маркируют и зачищают от шлака, брызг и различных загрязнений.

Для проведения ультразвукового неразрушающего контроля применяется дефектоскоп УД3701.

Дефектоскоп УД3701 предназначен для контроля качества сварных соединений, поиска внутренних дефектов, определения координат и оценки параметров дефектов типа нарушений сплошности однородности материала.

К особенностям данного дефектоскопа относят:

- диапазон частот с плавной регулировкой от 0.2 до 10MHz;
- два независимо управляемых входа (А и Б);
- автоматическое или ручное построение кривой ВРЧ (32 точки);
- два вида представления сигналов: детектированный и радио;
- построение и обработка в дефектоскопе А, В разверток;
- режимы: огибающей, заморозки и отображения хода луча;
- дальнейшая обработка результатов с использованием специальной компьютерной программы [11].

Технические характеристики ультразвукового дефектоскопа УД3701 приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Технические характеристики дефектоскопа УД3701

Наименование параметра	Значение параметра
Развертка	мин.: 0 - 6 мкс макс.: 0 - 1000 мкс с шагом 25 нс
Задержка	от 0 мкс до 1000 мкс с шагом 25 нс
Максимальная толщина контролируемого материала	до 6000 мм (эхо-режим) для стали
Диапазон скоростей	1000 - 9999 м/с
Задержка в призме	0 - 100 мкс с шагом 25 нс
Частота повторений ЗИ	автоматически регулируемая от 10 до 100Гц
Аналоговый усилитель	широкополосный 0.4-20 МГц (-6 дБ)
Зоны контроля	две независимых зоны, начало и ширина изменяются во всем диапазоне развертки, уровни порогов задаются от 0 до 100% высоты экрана, индивидуальная логика определения дефектов

После проведения визуально измерительного и ультразвукового контроля производят контроль на герметичность.

Для проведения контроля герметичности ресивера применяются гидравлические испытания водой согласно ГОСТ 34347-2017 [12].

3.8.1 Методы исправления дефектов сварных швов

Методы исправления дефектов сварных швов указаны в таблице 17.

Таблица 17 – Методы исправления дефектов сварных швов

Дефект	Метод исправления
Отклонение по ширине и высоте швов, катету	Устраняется срубанием излишков металла, зачисткой швов, подваркой узких мест шва
Подрезы зоны сплавления	Зачистка места подреза, подварка шва.

Продолжение таблицы 17

Пора в сварном шве	Выстрогать скопление пор, зачистить, подварить. Уплотнить проковкой в процессе сварки при температуре светло-красного цвета шва.
Свищи	Удалить рубкой или строжкой, зачистить, подварить.
Непровар	Полностью удаляют (вырубают или выстрагивают, зачищают и подваривают)
Наплыв на сварном соединении	Наплыв подрубить, удалить, непровар подварить.
Шлаковые включения	Удаляют, зачищают, подваривают.
Трещины	Полностью удалить, зачистить, подварить.
Прожоги	Удалить(вырубить или выстрогать),подварить
Кратер	Зачистить, подварить.
Брызги металла	Зачистка поверхности.
Перегрев металла	Термообработка
Пережог металла	Пережженный металл необходимо полностью вырезать и заварить это место заново.

4 Результаты разработки

Целью данной выпускной квалификационной работы является совершенствование существующей на предприятии технологии сварки стального ресивера для аппарата ИВЛ путем частичной замены ручной сварки в среде защитных газов на полуавтоматическую в среде защитных газов.

В расчетно-аналитической части работы был проведен анализ конструкции, произведен выбор основных и сварочных материалов и их входной контроль. Также проанализирован заводской вариант изготовления данной конструкции и выбрано направление совершенствования данного варианта путем частичной замены ручной сварки на полуавтоматическую сварку в среде защитных газов сварки.

В ходе выполнения ВКР были описаны заготовительные операции и технология сборки конструкции. Выбрано и обосновано оборудование для заготовительных и сварочных операций и сборочно-сварочные приспособления, а также разработаны технологические карты сварных узлов и маршрутные технологии заготовки, сборки и сварки конструкции. Выбраны и описаны методы контроля качества, а также методы исправления дефектов сварных швов.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе необходимо определить экономическую целесообразность сборки и сварки стального ресивера для аппарата ИВЛ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить потенциальных потребителей результатов технического проектирования;
- определить трудоемкость выполненной работы и разработать график проведения исследования;
- провести расчет норм времени на сварку;
- рассчитать смету проекта.

5.1 Потенциальные потребители результатов разработки технологии

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка технологии сборки и сварки стального ресивера для аппарата ИВЛ» выполняется для предприятий, изготавливающих резервуарное оборудование, емкостные аппараты и другие подобных сооружения.

Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники предприятия. Суть работы заключается в замене текущей технологии сварки ресивера (ручная сварка в среде защитных газов) на более производительный способ полуавтоматической сварки в среде защитных газов.

Ресиверы применяют для технического оснащения предприятий пищевой, медицинской и химической отрасли. Они используются не только для хранения кислорода, но и для сглаживания давления.

Сегментируем рынок потребления продукции в зависимости от отрасли, размера компании. Карта представлена в таблице 18.

Таблица 18 – Карта сегментирования по отраслям промышленности

Параметр		Отрасль			
		Медицинская	Сварочная	Химическая	Пищевая
Размер компании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				
Уровень потребления продукции	Высокий				
	Средний				
	Низкий				

Из таблицы видно, что основными сегментами являются крупные и средние компании медицинской и сварочной отрасли с высоким и средним уровнем использования на территории своих объектов. Следовательно, эти компании являются наиболее заинтересованными в результатах исследования.

5.2 Планирование проекта

При создании нового технологического процесса необходимо правильно планировать сроки выполнения отдельных этапов работ, учитывать расходы на материалы, заработную плату. А также оценивать наиболее правильный вариант разработки процесса.

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю.

Произведено распределение исполнителей по видам работ. Полученные данные приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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

5.2.1 Определение трудоемкости выполнения работ по проекту и разработка графика

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

На основе таблицы 20 рассчитаем временные показатели проведения работ.

Таблица 20 – Временные показатели проведения технического проектирования

Название работы	Исполнители	Трудоемкость работ			Длительность работы в рабочих днях, T_{pi}
		t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ож}$, чел-дни	
- Составление и утверждение темы ВКР; - Составление и утверждение технического задания; - Составление календарного плана-графика выполнения ВКР.	Научный руководитель	1	1	1	1
	Студент	1	1	1	1
Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Студент	10	15	12	12
Выполнение технологической части работы: - выбор марки стали; - оценка свариваемости стали; - выбор способа сварки; - подбор сварочного оборудования и материалов; - расчет параметров режима сварки; - разработка технологии изготовления резервуара.	Студент	25	30	27	27
Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель	2	3	2,4	2,4
	Студент	2	3	2,4	2,4
Отрисовка чертежей резервуара.	Студент	20	23	21,2	21,2
Проверка чертежей с научным руководителем.	Научный руководитель	2	3	2,4	2,4
	Студент	2	3	2,4	2,4

Окончание таблицы 20

Название работы	Исполнители	Трудоемкость работ			Длительность работы в рабочих днях, T_{pi}
		t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ож}$, чел-дни	
Выполнение других разделов: - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - Социальная ответственность.	Студент	12	15	13,2	13,2
Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Студент	10	15	12	12
Подготовка к защите ВКР.	Студент	2	3	2,4	2,4
	Научный руководитель	2	3	2,4	2,4

На основании таблицы 20 строим календарный план-график, который отражает длительность исполнения работ в рамках проектной деятельности. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках ВКР с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени ВКР. Календарный план-график представлен в виде таблицы 21.

Таблица 21 – Календарный план-график проведения работ

№ работ	Вид работ	Исполнители	Кол-во дней, Три	Продолжительность выполнения работы, календарные дни													
				Февраль			Март			Апрель			Май		Июнь 12		
				3	1		2	3	1	2	3	1	23	1			
1	- Составление и утверждение темы ВКР;	Научный руководитель	1	■													
	- Составление и утверждение технического задания; - Составление календарного плана-графика выполнения ВКР.	Студент	1	□													
2	Подбор и изучение литературы по теме ВКР.	Студент	12	▬													
3	Выполнение технологической части работы.	Студент	27		▬												
4	Проверка выполненной технологической части с научным руководителем.	Научный руководитель	1				■										
		Студент	2,4				▬										
5	Отрисовка чертежей резервуара	Студент	21,2					▬									
6	Проверка чертежей с научным руководителем.	Научный руководитель	2								▬						
		Студент	2,4								▬						
7	Выполнение других разделов.	Студент	13,2									▬					
8	Подведение итогов, оформление пояснительной записки по стандарту и составление презентации.	Студент	12											▬			
9	Подготовка к защите ВКР.	Студент	2,4														□
		Научный руководитель	2,4														

5.3 Расчет норм времени на сварку

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

Нормирование механизированной и автоматической сварки в среде углекислого газа проводим по методике, изложенной в [17]. Рассчитаем основное время для каждого типа соединения:

Основные сварочные параметры, используемые в расчетах, представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Основные сварочные параметры

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые способы	
	Механизированная сварка в защитном газе (МЗ)	Автоматическая сварка в защитном газе (РЗ)
F_n - площадь наплавленного металла, мм ²	6,5	6,5
Диаметр проволоки, мм	1,2-1,6	2
Сила тока, А	180-250	35-55
Напряжение, В	28-35	16-30
Расход газа, л/мин	16-18	16-18
Скорость сварки, м/ч		
I проход	5-17	20-22
II проход	-	-
Скорость подачи эл-ной проволоки, м/ч	200-230	-
Коэффициент наплавки, г/А*ч	13,3	17
Суммарная длина сварных швов, м	1,8	1,8

Основное время для каждого способа сварки рассчитано в таблице 23.

Таблица 23 – Определение основного времени на сварку

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые способы	
	МЗ	РЗ
F_n - площадь наплавленного металла, мм ²	6,5	6,5
Скорость сварки, м/ч		
I проход	15-17	0-22
II проход	-	-

Расчет основного времени на сварку для МЗ производится по формуле:

$$t_0 = \sum \frac{60}{V_{св}}. \quad (5.1)$$

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

Подставляем значения в формулу (5.1) и получаем:

$$t_0 = 60 \cdot \frac{1}{16} = 3,75 \text{ мин.} \quad (5.2)$$

Определение основного времени для РЗ производится по формуле (5.1) и получаем:

$$t_0 = 60 \cdot \frac{1}{21} = 2,9 \text{ мин.} \quad (5.3)$$

Разница во времени основной сварки между МЗ и РЗ, составляет 0,85 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 23 %.

Необходимые значения времени, для расчета $t_{в.ш.}$, $t_{в.и.}$ и $k_{об}$ для МЗ и РЗ получены из [17].

Разница во вспомогательном времени сварки между МЗ и РЗ, представленное в таблице 31, составляет 0,7 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 21 %.

Таблица 24 – Вспомогательное время, связанное со сваркой шва

Параметр	МЗ	РЗ
Элементы работы	Время на 1 м/мин	Время на 1 м/мин
Зачистка свариваемых кромок от налета и ржавчины перед сваркой	0,3	0,3
Зачистка сварного шва от окисных пленок	0,3	0,3
Зачистка околошовной зоны от брызг наплавленного металла	0,5	0,9
Осмотр и промер шва	0,37	0,37
Удаление остатка проволоки из головки полуавтомата. Смена кассет. Подача проволоки в головку полуавтомата. Замена электрода.	0,2	0,3
Подтягивание проводов	0,25	0,25
Зачистка шва от шлака после выполнения каждого Прохода	0,4	0,7
Возврат сварщика в исходное положение	0,15	0,15
Откусывание огарков проволоки	0,1	-
Итого	2,57	3,27

Разница во вспомогательном времени, связанном с изделием и работой оборудования между МЗ и РЗ отсутствует, это видно из таблицы 25.

Таблица 25 – Вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования

Параметр	МЗ	РЗ
Элементы работы	Время, мин	Время, мин
Установка электрода/проволку в начале шва, возврат, отключение	2,7	2,7
Установка, снятие и транспортировка изделия	3	3
Закрепление, открепление	0,5	0,5
Перемещения сварщика в исходное положение	-	-
Клеймение шва	0,21	0,21
Итого	6,41	6,41

Разница в подготовительно-заключительном времени между МЗ и РЗ отсутствует, это видно из таблицы 26.

Таблица 26 – Подготовительно-заключительное время, связанное с наладкой и переналадкой оборудования

Параметр	МЗ	РЗ
Элементы работы	Время, мин	Время, мин
Получение производственного задания, документации, указаний и инструктажа мастера, получение инструмента	4	4
Ознакомление с работой	3	3
Подготовка к работе баллона с газом, подключение (отключение) и продувка шлангов	4	4
Установка, настройка и проверка режимов сварки	3	3
Подготовка рабочего места и приспособлений к Работе	4	4
Сдача работы	2	2
Итого	20	20

Определение штучного времени сварки представлено в таблице 27.

Таблица 27 – Штучное время

Параметр	МЗ	РЗ
Элементы работы	Время, мин	Время, мин
t_0 – основное время на сварку, мин/м	3,75	2,9
$t_{в.ш.}$ - вспомогательное время, связанное со свариваемым швом на 1 пог.м шва в мин	2,57	3,27
l – длина швов, м	1,8	1,8
$t_{в.и.}$ – вспомогательное время, связанное с изделием и работой оборудования	6,41	6,41
$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на обслуживание рабочего места, отдых и естественные надобности	1,12	1,15

Определение штучного времени сварки производится по формуле:

$$T_{шт} = [(t_0 + t_{вш}) \cdot l + t_{ви}] \cdot K_{об}, \quad (5.4)$$

где t_0 - основное время на сварку одного погонного метра шва, мин/ч;

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

l - протяжённость сварного шва данного типоразмера, м;

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

$k_{об}$ - коэффициент, учитывающий время обслуживания рабочего места и время на отдых и личные надобности (на автоматическую сварку – 1,15; на полуавтоматическую – 1,12; на ручную – 1,10);

Подставляем значения в формулу (5.4) и получаем для МЗ:

$$T_{шт} = [(3,75 + 2,57) \cdot 1,8 + 6,41] \cdot 1,12 = 19 \text{ мин.} \quad (5.5)$$

Подставляем значения в формулу (5.4) и получаем для РЗ:

$$T_{шт} = [(2,9 + 3,27) \cdot 1,8 + 6,41] \cdot 1,15 = 21 \text{ мин.} \quad (5.6)$$

Разница в штучном времени сварки между МЗ и РЗ составляет 2 минуты, что в процентном соотношении дает 10%.

Количество сваренных деталей на рабочую смену представлено в таблице 28.

Таблица 28 – Количество сваренных деталей на рабочую смену

Параметр	МЗ	РЗ
$T_{см}$ – продолжительность одной рабочей смены	8	8
$T_{шт}$ – штучное время	19	21

Определение размера партии производится по формуле:

$$n = \frac{T_{см} \cdot 60}{T_{шт}}, \quad (5.7)$$

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

$T_{шт}$ -штучное время, мин.

Подставляем значения в формулу (5.7) и получаем для МЗ:

$$n = \frac{8 \cdot 60}{19} \approx 25 \text{ шт/СМ.} \quad (5.8)$$

Подставляем значения в формулу (5.7) и получаем для РЗ:

$$n = \frac{8 \cdot 60}{21} \approx 22 \text{ шт/см.} \quad (5.9)$$

Разница в размере партии между МЗ и РЗ, составляет 3 шт/см, что в процентном соотношении дает увеличение количества на 12 %.

Разницу в штучно-калькуляционном времени показывает таблица 29.

Таблица 29 – Штучно-калькуляционное время

Параметр	МЗ	РЗ
$T_{шт}$ – штучное время	19	21
$t_{п.з.}$ – подготовительно заключительное время	20	20
n – размер партии	25	22

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

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{t_{п.з.}}{n}, \quad (5.10)$$

где $T_{шт}$ – штучное время, мин;

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

n – размер партии.

Подставляем значения в формулу (5.11) и получаем для МЗ:

$$T_{шк} = 19 + \frac{20}{25} \approx 20 \text{ мин.} \quad (5.11)$$

Подставляем значения в формулу (5.12) и получаем для РЗ:

$$T_{шк} = 21 + \frac{20}{22} \approx 22 \text{ мин.} \quad (5.12)$$

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между МЗ и РЗ, составляет 340 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 48 %.

Определение массы наплавленного металла шва производится по формуле:

$$G_H = F \cdot l \cdot \gamma, \quad (5.13)$$

где F – площадь наплавленного металла, мм^2 ;

l – длина шва, м;

γ – плотность наплавляемого металла.

Подставляем значения в формулу (5.14) и получаем для МЗ:

$$G_H = 6,5 \cdot 1,8 \cdot 7,9 = 92,4 \text{ кг}. \quad (5.14)$$

Подставляем значения в формулу (5.15) и получаем для РЗ:

$$G_H = 6,5 \cdot 1,8 \cdot 7,9 = 92,4 \text{ кг}. \quad (5.15)$$

Разница в массе наплавленного металла шва показана в таблице 30.

Таблица 30 – Масса наплавленного металла шва

Исходные данные и расчетная формула	Сравниваемые способы	
	МЗ	РЗ
F_H - площадь наплавленного металла, мм^2	6,5	6,5
γ - плотность наплавляемого металла	7,9	7,9
Суммарная длина сварных швов, м	1,8	1,8

Разница в массе наплавленного металла между МЗ и АФ отсутствует.

5.4 Экономическая оценка сравниваемых способов сварки

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

релевантные затраты, то есть такие, которые будут различаться в сравниваемых вариантах и которые могут повлиять на выбор лучшего варианта.

Текущие затраты на сварочные работы состоят из следующих пунктов:

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

5.4.1 Затраты на сварочные материалы

Разница в затратах на сварочные материалы представлена в таблице 31.

Таблица 31 – Затраты на сварочные материалы

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	МЗ	РЗ
g_{HM} – масса наплавленного металла, кг/изд	0,92	0,92
k_n – коэффициент, учитывающий отношение веса электродов или проволоки к весу наплавленного металла	1,08	1,08
C_{CM} – цена электродной проволоки, руб/кг Св-04Х19Н11МЗ/ЦЛ-11	1125	500

Определение затрат на сварочные материалы производится по формуле:

$$C_{CM} = g_{HM} \cdot k_n \cdot C_{CM}, \quad (5.16)$$

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

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

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

Подставляем значения в формулу (5.16) и получаем для МЗ:

$$C_{\text{см}} = 0,92 \cdot 1,08 \cdot 1125 = 1117,8 \text{ руб.} \quad (5.17)$$

Подставляем значения в формулу (5.16) и получаем для РЗ:

$$C_{\text{см}} = 0,92 \cdot 1,08 \cdot 500 = 496,8 \text{ руб.} \quad (5.18)$$

Разница в затратах на сварочные материалы между МЗ и РЗ составляет 621р.

5.4.2 Затраты на защитный газ

Затраты на защитный газ представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Затраты на защитный газ

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	МЗ	РЗ
$g_{\text{газ}}$ - норма расхода газа, л/мин	17	9
t_0 - основное время на сварку, мин/м	3,75	2,9
l - длина сварного шва, м/издел	1,8	1,8
$C_{\text{газ}}$ - цена за единицу газа руб/л	43	43

Определение затрат на защитный газ производится по формуле:

$$C_{\text{газ}} = g_{\text{газ}} \cdot t_0 \cdot l \cdot C_{\text{газ}}, \quad (5.19)$$

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

t_0 - основное время на сварку, мин/м;

l - длина сварного шва, м/издел;

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

Подставляем значения в формулу (5.19) и получаем для МЗ:

$$C_{\text{газ}} = 17 \cdot 3,75 \cdot 1,8 \cdot 43 = 4934,25. \quad (5.20)$$

Подставляем значения в формулу (5.19) и получаем для РЗ:

$$C_{\text{газ}} = 9 \cdot 2,9 \cdot 1,8 \cdot 43 = 2020,14. \quad (5.21)$$

Разница в затратах на защитный газ между МЗ и РЗ, составляет 2914,11 руб, процентном соотношении дает увеличение затрат на 69 %.

5.4.3 Затраты на заработанную плату рабочих

Затраты на заработанную плату рабочих представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Затраты на заработанную плату рабочих

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	МЗ	РЗ
$C_{\text{мз}}$ – среднемесячная заработная плата рабочих соответствующих профессий	40000	40000
$F_{\text{мп}}$ – месячный фонд времени работы рабочих, часы/месяц	172	172
$t_{\text{шк}}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	20	22

Определение затрат на заработанную плату рабочих производится по формуле:

$$C_3 = \frac{C_{\text{мз}} \cdot t_{\text{шк}}}{F_{\text{мп}} \cdot 60}, \quad (5.22)$$

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

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

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

Подставляем значения в формулу (5.22) и получаем для МЗ:

$$C_3 = \frac{40000 \cdot 20}{172 \cdot 60} = 77,52 \text{ руб.} \quad (5.23)$$

Подставляем значения в формулу (5.22) и получаем для РЗ:

$$C_3 = \frac{40000 \cdot 22}{172 \cdot 60} = 85,3 \text{ руб.} \quad (5.24)$$

Разница в затратах на заработанную плату рабочих между сравниваемыми способами МЗ и АЗ, составляет 7,78 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 9 %.

5.4.4 Затраты на отчисления на социальные цели

Затраты на социальные цели представлены в таблице 34.

Таблица 34– Отчисления на социальные цели

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	МЗ	РЗ
$k_{отч}$ –процент отчислений на социальные цели от основной и дополнительной заработной платы	30,2 %	30,2 %
C_3 – Затраты на заработанную плату рабочих	77,52	85,3

Определение затрат на отчисления на социальные цели производится по формуле:

$$C_{отч} = \frac{k_{отч} \cdot C_3}{100}, \quad (5.25)$$

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

C_3 – затраты на заработанную плату рабочих.

Подставляем значения в формулу (5.25) и получаем для МЗ:

$$C_{отч} = \frac{30,2 \cdot 77,52}{100} = 23,4 \text{ руб.} \quad (5.26)$$

Подставляем значения в формулу (5.25) и получаем для РЗ:

$$C_{\text{отч}} = \frac{30,2 \cdot 85,3}{100} = 25,76 \text{ руб.} \quad (5.27)$$

Разница в затратах на отчисления на социальные цели между сравниваемыми способами МЗ и РЗ, составляет 2,36 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 9 %.

5.4.5 Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию представлены в таблице 35.

Таблица 35 – Затраты на электроэнергию

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	МЗ	РЗ
U – напряжение, В	30	33
I – сила тока, А	241	261
t_o - основное время сварки, мин/м	3,75	2,9
l – длина сварного шва, м/изд	1,8	1,8
η – коэффициент полезного действия источника питания	0,85	0,65
$\Pi_{\text{эл}}$ – стоимость 1 Квт-ч электроэнергии, руб	5,38	5,38

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_{\text{э}} = \frac{U \cdot I \cdot t_o \cdot l}{60 \cdot \eta \cdot 1000} \cdot \Pi_{\text{эл}}, \quad (5.28)$$

где U – напряжение, В;

I – сила тока, А;

t_o - основное время сварки, мин/м;

l – длина сварного шва, м/изд;

η – коэффициент полезного действия источника питания;

$C_{э,л}$ – стоимость 1 квт-ч электроэнергии, руб.

Подставляем значения в формулу (5.28) и получаем для МЗ:

$$C_э = \frac{30 \cdot 241 \cdot 3,75 \cdot 1,8}{60 \cdot 0,85 \cdot 1000} \cdot 5,38 = 5,2 \text{ руб/изд.} \quad (5.29)$$

Подставляем значения в формулу (5.28) и получаем для АЗ:

$$C_э = \frac{33 \cdot 261 \cdot 2,9 \cdot 1,8}{60 \cdot 0,65 \cdot 1000} \cdot 5,38 = 6,2 \text{ руб/изд.} \quad (5.30)$$

Разница в затратах на электроэнергию между МЗ и РЗ, составляет 1 руб, что в процентном соотношении дает снижение затрат на 16 %.

5.4.6 Затраты на ремонт оборудования

Затраты на ремонт оборудования представлены в таблице 36.

Таблица 36 – Затраты на ремонт оборудования

Исходные данные	Сравниваемые процессы	
	МЗ	РЗ
C_j – цена оборудования, руб: Сварочный инвертор Aristo™ Mig u4000i Сварочный аппарат КЕМРПИ MINARCTIG 250 MLP	561354	- 297660
$k_{рем}$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт	0,25	0,25
$t_{шк}$ – штучно–калькуляционное время на выполнение операции, мин\изд	20	22
$F_{го}$ – годовой фонд времени работы оборудования, ч	2000	2000
$k_з$ – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования	0,8	0,8

Определение затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$C_p = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \cdot k_{\text{рем}} \cdot t_{\text{шк}}}{F_{\text{ГО}} \cdot k_3 \cdot 60}, \quad (5.31)$$

где C_j – цена оборудования соответствующего вида;

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

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

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

k_3 – коэффициент, учитывающий загрузку оборудования.

Подставляем значения в формулу (5.31) и получаем для МЗ:

$$C_p = \frac{561354 \cdot 0,25 \cdot 20}{2000 \cdot 0,8 \cdot 60} = 292 \text{ руб.} \quad (5.32)$$

Подставляем значения в формулу (5.31) и получаем для РЗ:

$$C_p = \frac{297660 \cdot 0,25 \cdot 22}{2000 \cdot 0,8 \cdot 60} = 171 \text{ руб.} \quad (5.33)$$

Разница в затратах на электроэнергию между МЗ и РЗ, составляет 121 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 41 %.

5.4.7 Текущие затраты и расчет себестоимости сварного шва

Затраты и расчет себестоимости сварного шва указаны в таблице 37.

Таблица 37 – Результаты расчетов себестоимости сварного шва

Наименование	МЗ	АЗ	Сравнительная эффективность
1. Сварочные материалы	1117,8	496,8	621
2. Защитный газ	4934,25	2020,14	2914,11
3. Основная зарплата	77,52	85,3	-7,78
4. Социальные цели	23,4	25,76	-2,36
5. Электроэнергия	5,2	6,2	1
6. Ремонт	292	171	121
Итого	6450,17	2805,2	3646,97

По результатам расчетов разница в общих затратах на изготовление одного изделия между МЗ и РЗ, составляет 3646,97 руб, что в процентном соотношении дает увеличение затрат на 56 %.

Выводы по разделу 5

Проведен технико–экономический анализ процесса замены операций сварки горизонтального резервуара механизированной сварки на автоматическую в среде защитных газов.

Разница в штучно-калькуляционном времени сварки между МЗ (20 мин) и РЗ (22 мин), составляет 2 мин, что в процентном соотношении дает уменьшение времени на 10 %.

Стоимость изготовления ресивера полуавтоматической сваркой составляет 6450,17 руб., что дороже на 3646,97руб, чем при текущей технологии ручной дуговой сваркой в аргоне, в процентном соотношении затраты увеличились на 56%.

Можно сделать вывод, что применение полуавтоматической сварки экономически оправдано.

6 Социальная ответственность

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Специальные правовые нормы трудового законодательства, характерные при изготовлении и эксплуатации исследуемого резервуара перечислены в списке используемой литературы.

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

В данном подразделе рассмотрим организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны сварщика.

При выполнении сварочных работ на открытых участках цеха место сварщика должно ограждаться со всех сторон щитами или ширмами.

С наружной стороны такие ограждения должны окрашиваться в яркие цвета в виде "зебры" и надписями крупными буквами "Осторожно, идет сварка!".

Окраска сварочных цехов, внутренних сторон ограждений мест сварки темные цвета не рекомендуется, т.к. при этом ухудшается общая освещенность мест сварки.

Многопостовые агрегаты и сварочные установки должны располагаться в отдельном помещении или должны быть ограждены.

Сварочные преобразователи из-за их шума при работе должны быть вынесены за пределы производственного помещения.

Проходы между многопостовыми сварочными агрегатами, установками автоматической сварки должны быть не менее 1,5 м, между однопостовыми сварочными трансформаторами или сварочными генераторами, с каждой стороны стеллажа или стола для ручной сварки - не менее 1 м, между стационарным сварочным агрегатом и стеной, колонной - не менее 0,5 м, между сварочным автоматом и стеной, колонной - не менее 1 м, между машинами точечной, роликовой (шовной) сварки с расположением рабочих мест напротив друг друга - не менее 2 м, между машинами стыковой сварки - не менее 3 м, при их

расположении тыльными сторонами друг к другу ширина проходов должна быть не менее 1 м, при расположении передними и тыльными сторонами друг к другу - не менее 1,5 м.

Электрододержатели должны быть легкими, удобными, не утомлять руку и не стеснять движений сварщика, должны выдерживать не менее 8 тыс. зажимов электродов и обеспечивать смену электрода не более чем за 4 с.

Электрододержатели для тока 500 А и выше должны быть снабжены щитком защиты руки от тепла сварочной дуги и брызг металла.

Электрододержатели могут снабжаться устройством выключения сварочного тока во время смены электрода.

Рукоятка электрододержателя должна быть выполнена из теплостойкого, плохо проводящего тепло изоляционного материала, и температура ее поверхности при работе не должна превышать 32 - 33 °С.

6.2 Производственная безопасность

В таблице 38 представлены опасные и вредные факторы при эксплуатации процесса сварки под флюсом.

Таблица 38 – Опасные и вредные факторы при эксплуатации процесса сварки дугой, горячей в динамическом режиме.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Повышенный уровень вибрации			+	ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ «Вибрационная безопасность»; СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»; ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»; ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ «Вредные вещества»; ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность»; ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность»; ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ «Электробезопасность»; ГОСТ 12.1.035-81 ССБТ «Оборудование для дуговой и контактной электросварки»; ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ «Шум».
Освещенность рабочей зоны	+	+	+	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	
Вредные вещества		+	+	
Электрический ток	+	+	+	
Термические и химические ожоги		+	+	
Короткое замыкание	+	+	+	
Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования			+	
Шум		+	+	
Психофизиологические факторы (умственное перенапряжение, стрессовые эмоциональные перегрузки, повышенная нагрузка на органы чувств)	+	+	+	

6.2.1 Повышенный уровень вибрации

Источником вибрации при эксплуатации является используемое оборудование на вибрационном станке, действия которых основано на вибрации и ударах, а также мощные электрические установки, а именно: насос, электродвигатель и гидромотор.

Амплитуда вибрации в помещении должна составлять не более $0,0072 \cdot 10^{-3}$ м при частотах от 31,5 Гц до 63 Гц. На производстве станки работают в

диапазонах близких к 60 Гц. Соответственно, не возникает пагубного влияния на организм человека согласно документу СП 51.13330.2011 «Защита от шума» [18].

Для того, чтобы снизить уровень вибрации до требуемого уровня используются методы защиты оператора от вибрации. Существуют следующие методы, такие как: правильное размещение специального оборудования устройства и оптимальные режимы работы установки.

Чтобы снизить уровень вибрации в цехе, необходимо своевременно осуществлять ремонт оборудования и вовремя смазывать трущиеся поверхности деталей. При работе с оборудованием используются индивидуальные средства защиты: обувь с амортизирующими подошвами, рукавицы и перчатки с мягкими наладонниками.

6.2.2 Освещенность рабочей зоны

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах помещения составляет 200 лк.

Для освещения нашего цеха необходимо использовать, как правило, газоразрядные источники света: лампы ДРЛ, ДРИ; для освещения высоких цехов (до 4 м) большой площади - люминесцентные лампы. Допускается применение ламп накаливания. Для местного освещения рекомендуются светильники с непрозрачными отражателями, имеющими защитный угол $\geq 30^\circ$. Если светильники расположены ниже глаз сварщика, то защитный угол может быть в пределах 10... 30°.

При сварке внутри емкостей освещение осуществляется светильниками направленного света, установленными вне свариваемого объекта, или ручными переносными светильниками, оборудованными защитной сеткой.

Освещенность в этих случаях должна быть ≥ 30 лк. При этом

трансформатор для переносных светильников нужно устанавливать вне свариваемого объекта с обязательным заземлением вторичной обмотки трансформатора. Не допускается применение автотрансформаторов.

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности (Кп) должен быть не больше 10%. Коэффициент естественного освещения для наших сварочных и сборочно-сварочных работ должен быть не менее 1.5 % при боковом и 5 % при верхнем или комбинированном освещении.

В целях уменьшения пульсаций ламп, их включают в разные фазы трехфазной цепи, стабилизируют постоянство прохождения в них переменного напряжения. Но самым рациональным решением данного вредного фактора является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с документом СП 52.13330.2016. «Естественное и искусственное освещение».

6.2.3 Отклонение показателей микроклимата

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 39.

Таблица 39 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	23-25	22-26	60-40	0,1

Микроклимат производственных помещений поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

6.2.4 Вредные вещества

При выполнении сварочных работ атмосферный воздух загрязняется сварочным аэрозолем, в составе которого в зависимости от вида сварки, марок электродов и флюса находятся вредные для здоровья оксиды металлов, а также газообразные соединения. Стационарные автоматические установки для сварки под слоем флюса должны быть оборудованы пылегазоотсасывающими и флюсоуборочными устройствами.

Основными вредными веществами в составе сварочного аэрозоля при автоматической сварке являются фтористые соединения и их выделение резко возрастает с увеличением содержания фтористого кальция во флюсе. Фтористые соединения относятся ко 2 классу опасности. Нормы и показатели этих соединений должны соответствовать таблице 40 (ГОСТ 12.1.007-76).

Таблица 40 – Нормы и показатели фтористых соединений

Наименование показателя	Нормы для класса опасности
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/ м	0,1-1,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	15-150
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	100-500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м	500-5000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	300-30
Зона острого действия	6,0-18,0
Зона хронического действия	10,0-5,0

Эффективным средством нормализации воздуха в производственных помещениях является вентиляция, которая представляет собой комплекс средств, обеспечивающих воздухообмен, то есть удаление загрязненного нагретого влажного воздуха и подача свежего, чистого воздуха.

6.2.5 Электрический ток

При сварке (как автоматической, так и полуавтоматической) каждый сварочный аппарат должен быть оснащен отдельным заземляющим проводом непосредственно с заземляющей магистралью, все части автоматов и полуавтоматов должны быть надежно заземлены, плавкие предохранители должны соответствовать паспортным данным, шкафы, пульта должны иметь дверцы с блокировкой, отключающей первичное напряжение при их открытии.

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019-2017.

Основными причинами поражения электрическим током могут

послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением. С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением установки должна быть визуально проверена ее электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей держателей электродов;

- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети установку;

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электротехнические средства.

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают: защитное заземление; зануление; системы защитного отключения; защитное разделение сетей; предохранительные устройства.

Мерами предупреждения короткого замыкания являются правильный выбор, монтаж и эксплуатация электроустановок.

Для того чтобы избежать перегрузок электросетей, необходимо правильно выбрать сечения проводников, ограничить мощности включаемых токоприемников, создать условия охлаждения проводов и приборов и т.п. Профилактику нагрева контактных соединений обеспечивают тщательным соединением проводов, изделий с помощью опрессовки, сварки, пайки и т. д. Протекание токов короткого замыкания или перегрузки также приводят к опасному перегреву контактов, проводов и других элементов цепи. Во избежание этого установлены длительно допускаемые токовые нагрузки на провода и кабели, при которых температура проводника не превышает заданных величин. Температура окружающего воздуха в помещениях при этом 25 °С, температура земли 15 °С.

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет,

прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током.

6.2.6 Термические ожоги

Термические ожоги возникают вследствие непосредственного контакта с раскаленным металлом сварочной ванны, электрической дугой и пламенем газовой горелки. Для предотвращения термических ожогов кожного покрова необходимо использовать индивидуальные средства защиты.

Маска из фибры защищает лицо, в соответствии ГОСТ 12.4.254-2013 шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги.

Спецодежда – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключающие попадание искр и капель расплавленного металла ГОСТ 12.4.250- 2019.

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы со специальной противопожарной пропиткой.

Для защиты от лучистой энергии рабочих, не связанных со сваркой, наплавкой или резкой металлов, сварочные посты должны ограждаться экранами из негорючих материалов высотой не менее 1,8 м.

Требования по безопасности согласно ГОСТ 12.2.003-91.

6.2.7 Движущиеся машины

При работе применяются автомат для сварки под флюсом, то есть имеется опасность нанесения вреда человеку движущимися частями машин.

В качестве защиты необходимо проводить регулярный инструктаж рабочих по технике безопасности, все движущиеся механизмы должны быть аттестованы.

Проходы: между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также между постами – не менее 1 м; свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3 м.

Для большей безопасности работы необходимо выставить предупредительные таблички о наличии передвигающихся механизмов.

6.2.8 Уровень шума на рабочем месте

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик оборудования для сварки изложены в ГОСТ 12.1.035–81. Шум на рабочих местах также может проникать извне через каналы вентиляции и проем двери из кабинета в коридор. Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в децибелах (дБ), в активных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – электродвигатели в системе охлаждения. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень звука не должен превышать 50 дБ, ГОСТ 12.1.003-2014.

В данных цехах отсутствует превышение уровня шума на рабочем месте.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

Изоляции источников шумов;

Проведение акустической обработки помещения;

Создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок.

6.2.9 Психофизиологические факторы

Из психофизических факторов, возникающих при ремонте нефтепровода в трассовых условиях, можно отметить повышенную нагрузку на органы чувств (зрение, слух), умственное перенапряжение, стрессовые эмоциональные перегрузки.

Для профилактики возникновения данных факторов предлагается:

- уменьшить плотность рабочего времени;
-
- исключить случайно возникающие перебои в работе, организовать ритмизацию трудовых процессов;
- организовать правильный режим труда и отдыха, в частности 30 минутный перерыв после каждых двух часов непрерывной работы или 15 минутный перерыв на каждый час работы.

6.3 Экологическая безопасность

Изготовление резервуара может сопровождаться выделением в атмосферу, гидросферу и литосферу:

- 1) материальных загрязнителей, таких как
 - твердые аэрозоли, образованными пылеватыми частицами металлов и абразивных материалов;
 - газообразные (парообразные) загрязнители, поступающие в воздух через вентиляционные выбросы;
 - отходы металлообработки за счет выброса сточных вод;
 - твердые промышленные отходы (стружки и опилки металлов, отслужившее свой срок металлическое оборудование, сконденсированная пыль);
- 2) энергетических загрязнителей, таких как:
 - высокий уровень шума, вибрации, тепловые загрязнения (за счет выделения теплоты при обработке поверхностей металлов и работы оборудования),

- электромагнитные поля, выделяемые работающим оборудованием (трансформаторы, индукторы, различные генераторы),
- отраженное лазерное излучение, возникающее при использовании лазеров в технологическом процессе.

Согласно ГОСТ 17.0.0.01-76

Твердые промышленные и бытовые отходы подлежат утилизации путем переработки отходов во вторичное сырье.

Утилизация отработанных люминесцентных ламп осуществляется специализированной организацией, имеющей лицензию на проведение подобного вида работ, путем составления договора, с данной организацией согласно действующим нормам по утилизации согласно ГОСТ Р 55102-2012[25].

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.4.1 Причины возникновения чрезвычайных ситуаций на предприятии

Среди возможных чрезвычайных ситуаций при изготовлении резервуаров можно выделить пожар и (или) взрыв.

Причинами возникновения пожара (или) взрыва являются короткое замыкание, разбрызгивание расплавленного металла при сварке, искры при плазменной резке металла и другие виды огневых работ. Рассмотрим мероприятия по предотвращению пожара при огневых работах.

На предприятии должна быть разработана Инструкция по проведению огневых работ в соответствии с действующими нормами РФ.

6.4.2 Общие требования пожарной безопасности

Работники, осуществляющие огневые работы, должны иметь допуск на проведение огневых работ [22].

На предприятии для организации проведения огневых работ должно быть приказом назначено ответственное лицо - руководитель работ, который обязан до

начала работ ознакомить рабочий персонал с Инструкцией по проведению огневых работ. В обязанности руководителя работ входит проверка знаний и постоянный контроль над соблюдением требований Инструкции, а также обеспечение рабочих спецодеждой, специальной обувью и СИЗ в соответствии с действующими нормами и характером выполняемой работы.

В сборочно-сварочном цехе должны быть медицинские аптечки, исправные инструменты и оборудование, предохранительные сигналы и устройства, защитные приспособления. Работать с применением неисправных инструментов и оборудования запрещено.

Требования пожарной безопасности до начала, во время и по окончании огневых работ подробно описаны в Приказе №528 от 15 декабря 2020 года «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасного ведения газоопасных, огневых и ремонтных работ» [23].

На предприятии, а в частности в сборочно-сварочном цехе должен быть план эвакуации, составленный с учетом действующего законодательства и всех нормативно-правовых документов.

Поскольку сборочно-сварочный цех в соответствии с Федеральным законом № 123 от 22.07.2008 [24] относится к категории Г по взрывопожарной и пожарной опасности, установка автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения согласно требованиям СП 5.13130.2009 [25] в данном помещении не требуется.

В соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов в области противопожарного нормирования и стандартизации сборочно-сварочный цех должен быть обеспечен первичными средствами пожаротушения и оборудован системой оповещения людей о пожаре и управлением эвакуацией. В качестве системы оповещения используется, как правило, селекторная связь предприятия. В качестве системы управления эвакуацией используется аварийное и эвакуационное освещение с использованием световых указателей "ВЫХОД".

6.4.3 Требования пожарной безопасности в аварийных ситуациях

В случае возникновения аварийной ситуации (несчастного случая, пожара, стихийного бедствия) немедленно прекратить работу и сообщить о ситуации вышестоящему оперативному персоналу и непосредственному руководителю.

При возникновении пожара, действия работников в первую очередь должны быть направлены на обеспечение безопасности и эвакуации людей.

В случаях, не терпящих отлагательств, выполнить необходимые переключения с последующим уведомлением вышестоящего оперативного персонала.

В случае возникновения аварийной ситуации или пожара:

- по возможности обесточить электрооборудование;
- сообщить непосредственному руководителю;
- оповестить всех работающих в производственном помещении и принять меры к ликвидации очага аварии.

Горящие части электроустановок и электропроводку, находящиеся под напряжением, следует тушить углекислотными огнетушителями.

При несчастном случае необходимо немедленно освободить пострадавшего от воздействия травмирующего фактора, оказать ему первую помощь согласно инструкции по оказанию первой помощи и сообщить непосредственному руководителю о несчастном случае.

При освобождении пострадавшего от действия электрического тока необходимо следить за тем, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью.

Вывод по разделу 6

Исследуемый резервуар изготавливается на заводе, на котором согласно действующему законодательству РФ имеется служба охраны труда и/или специалист по охране труда. В обязанности данной службы или специалиста

входит контроль над соблюдением нормативных условий труда на предприятии.

Следовательно, условия труда работников завода-изготовителя исследуемого резервуара соответствуют требованиям нормативных документов.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе была разработана технология сборки и сварки ресивера для аппарата ИВЛ.

В ходе выполнения данной работы был предложен способ усовершенствования существующей на предприятии технологии сварки путем частичной замены ручной дуговой сварки в среде аргона на механизированную сварку в среде аргона. Предполагалось, что данная замена позволит снизить затраты на сварочные работы и сэкономит время на их производство.

Для решения поставленной задачи был произведен анализ литературы, содержащей требования к изготовлению подобного рода сооружений, изучены особенности сварки стали 12X18H10T, из которой выполнен ресивер.

На основании изученных данных был выбран способ сварки, для которого в дальнейшем были подобраны сварочные материалы и оборудование, произведены расчеты параметров режима сварки. Также была разработана технология сборки резервуара, произведен анализ социальной ответственности при изготовлении резервуара, а также анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения разрабатываемой технологии.

Анализ социальной ответственности при изготовлении резервуара показал, что условия труда работников завода-изготовителя исследуемого резервуара соответствуют требованиям нормативных документов.

По оценке выполненных расчетов ресурсоэффективности стоимость сварочных работ в результате частичной замены ручной дуговой сварки на механизированную сварку повысилась. Разница составила 56 %. Затраты по времени снизились на 21%. Не смотря на повышение себестоимости, качество продукции так же возросло. Следовательно, ресурсоэффективность предложенного способа сварки выше, чем существующего, а значит цель работы достигнута.

Список использованных источников

1. ГОСТ 34347 – 2017. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2017.
2. ПБ 03-273–99. Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru>.
3. ГОСТ 949–73. Баллоны стальные малого и среднего объёма для газов на $P \leq 19,6$ Мпа. – М.: Стандартиформ, 2008.
4. ГОСТ 5632–72. Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.
5. Оборудование для сварки и резки [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.deltasvar.ru>.
6. ГОСТ 14771–76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru>.
7. ГОСТ 10157–2016. Аргон газообразный и жидкий. – М.: Стандартиформ, 2016.
8. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru>.
9. Промышленное и строительное оборудование [Электронный ресурс]. – URL: <https://proinstrument-shop.ru>.
10. Сварочные аппараты, электроды, сварочная проволока [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.lincolnelectric.com>.
11. Приборы и системы неразрушающего контроля [Электронный ресурс]. – URL: <http://novotest-russia.ru>.
12. ГОСТ 34347-2017. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2018.
13. ГОСТ Р 55724-2013. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. – М.: Стандартиформ, 2015.
14. ГОСТ Р ИСО 17637 – 2014. Контроль неразрушающий.

Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением. – М.: Стандартиформ, 2015.

15. Белоконь В. М. Производство сварных конструкций: учеб. пособие / В. М. Белоконь. - Могилев: БРУ, 2015. – 185 с.

16. Федосов С. А., Оськин И. Э. Основы технологии сварки: учебное пособие. — М.: Машиностроение, 2016. — 125 с.

17. Расчёт норм времени на выполнение сварочных операций [Электронный ресурс]. – URL: <https://studwood.ru>.

18. СП 51.13330.2011 Защита от шума – М.:ОАО «ЦПП», 2010.

19. СанПиН 1.2.3685-21– Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания– М.: АО «Кодекс», 2021.

20. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru>.

21. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменением N 1) . – М.: Стандартиформ, 2018.

22. Безопасность производственных процессов на предприятиях машиностроения : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. диплом. специалистов "Конструктор.-технол. обеспечение машиностроит. пр-ва" / [В. В. Сафронов и др.] ; под ред. Г. А. Харламова. – Москва: Новое знание, 2016 (Йошкар-Ола : Марийский полиграф.-изд. комбинат). - 460 с.

23. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасного ведения газоопасных, огневых и ремонтных работ»: приказ от 15.12.2020 №528 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru>.

24. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22.07.2008 № 123 – ФЗ [Электронный ресурс]. – URL:

<https://www.garant.ru>.

25. ГОСТ Р 55102-2012. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртутьсодержащих устройств и приборов.

26. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.garant.ru>.

Приложение А

(обязательное)

Комплект технологической документации

Дубл.													
Взам.													
Подл.													

ФЮРА.02190.259

13

1

ТПУ

ФЮРА.10190.001

Технология сборки и сварки ресивера для аппарата ИВЛ

у

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
 Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет

СОГЛОСОВАЛ:

Доцент ОЭИ

____ Першина А.А

01.06.2021

УТВЕРДИЛ:

Доцент ОЭИ

____ Першина А.А

01.06.2021

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ
 по разработке конструкции и технологии ее сборки и сварки

СОГЛОСОВАЛ:

Доцент ОЭИ

____ Першина А.А

01.06.2021

Разработал:

Студент

____ Щеглов Я.А

01.06.2021

Дубль			
Взам			
Подл			

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

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

ФЮРА.02190.259

3

1

Разработ	Щеглов ЯА
Проверил	Першина АА

НИ ТПУ ИШНKB
Группа 1В71

ФЮРА.20190.0001

Н. контр.	Першина АА
-----------	------------

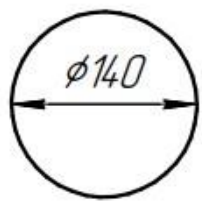
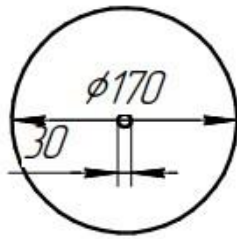
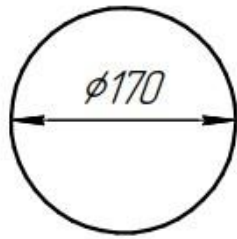
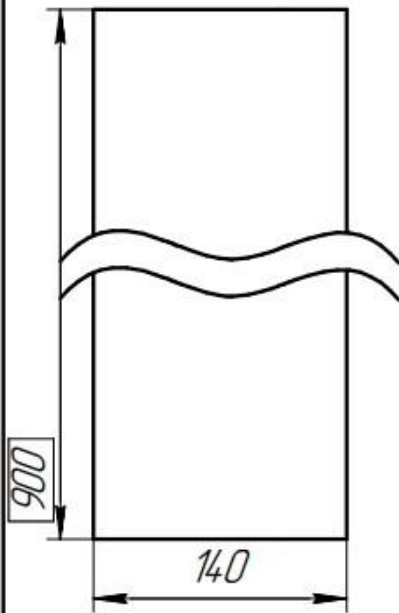
Технология сборки и сварки ресивера для аппарата ИВЛ

У

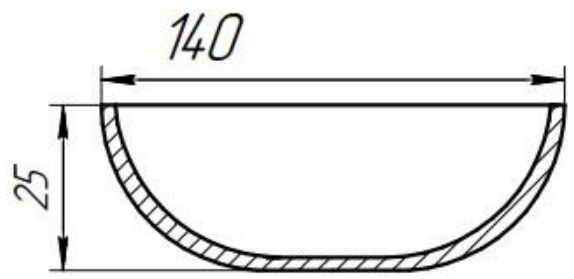
005

010

015



025



ГОСТ 3.1105-84

Форма 7

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

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

ФЮРА.02190.259	3	3
----------------	---	---

Разработ	Щеглов ЯА		
Проверил	Першина АА		

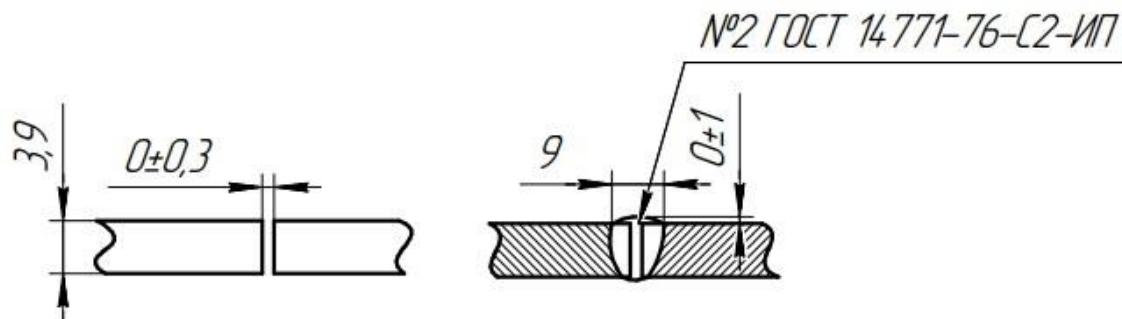
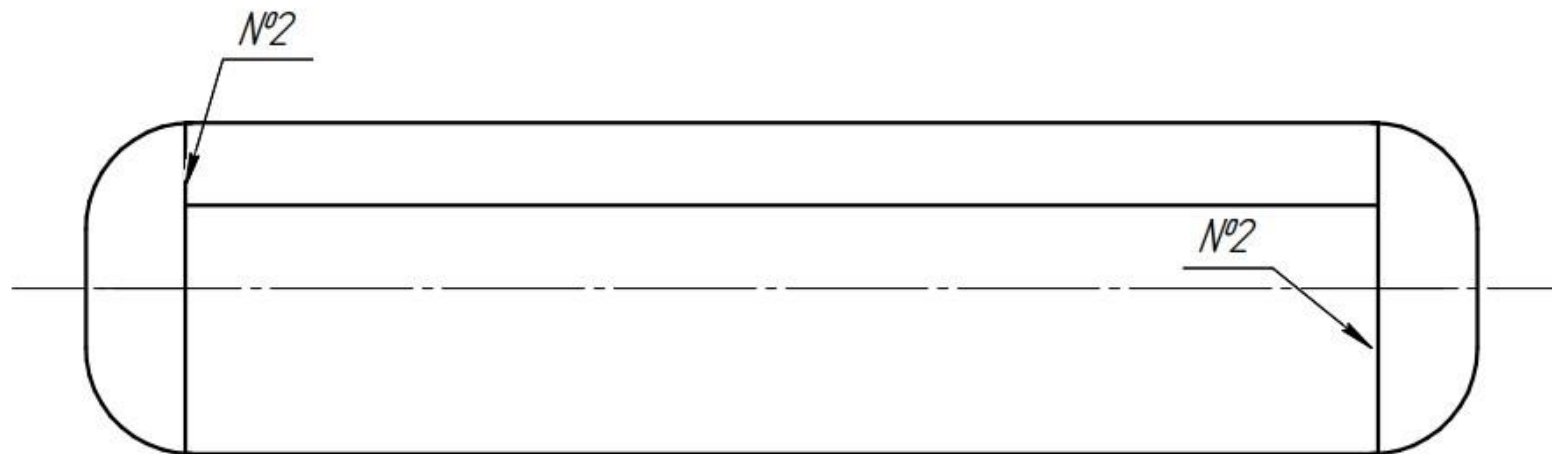
НИ ТПУ ИШНКБ
Группа 1В71

ФЮРА.20190.0001

Н. контр.	Першина АА		
-----------	------------	--	--

Технология сборки и сварки ресивера для аппарата ИВЛ

У



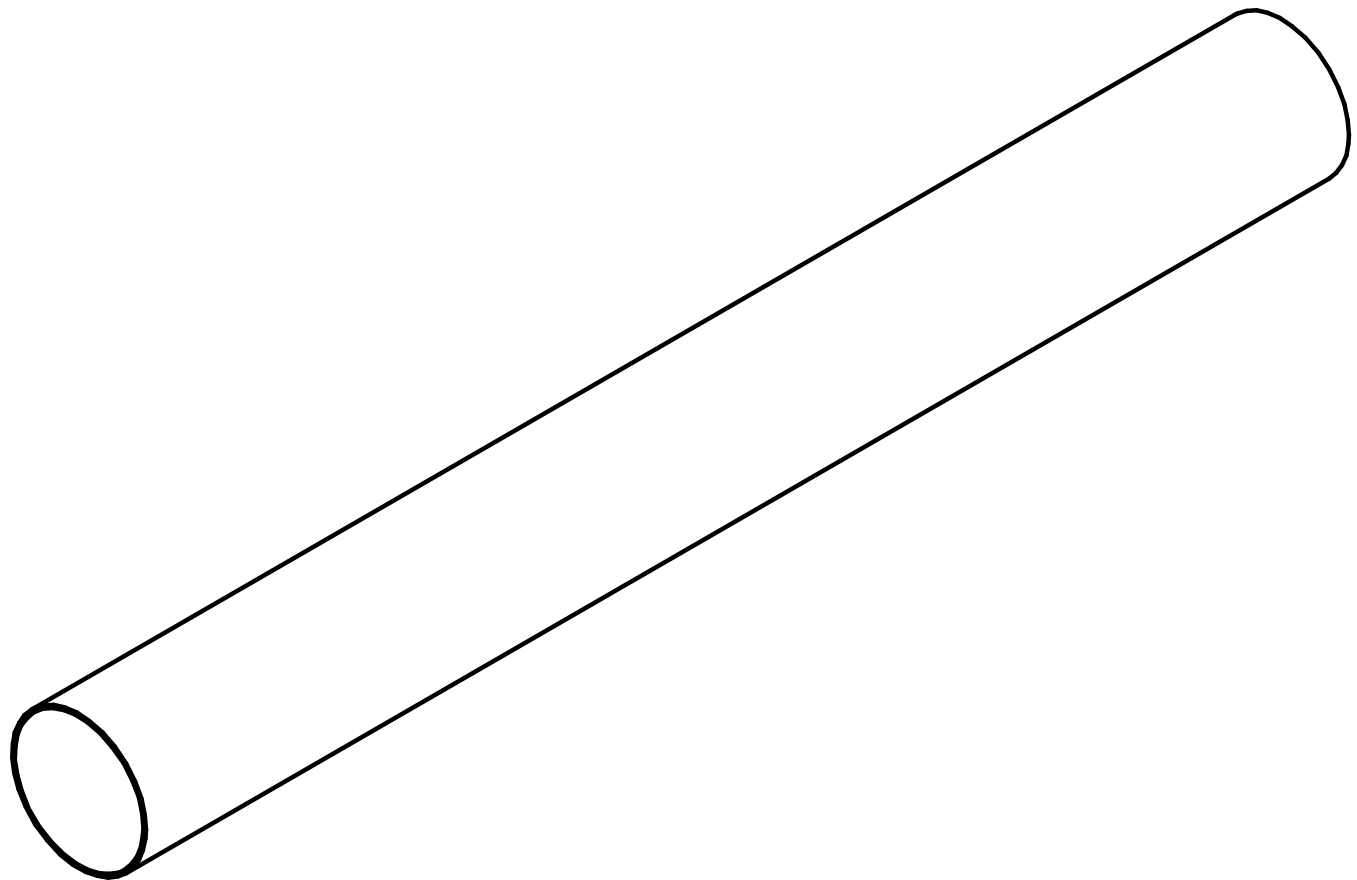
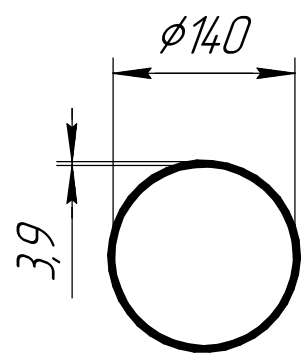
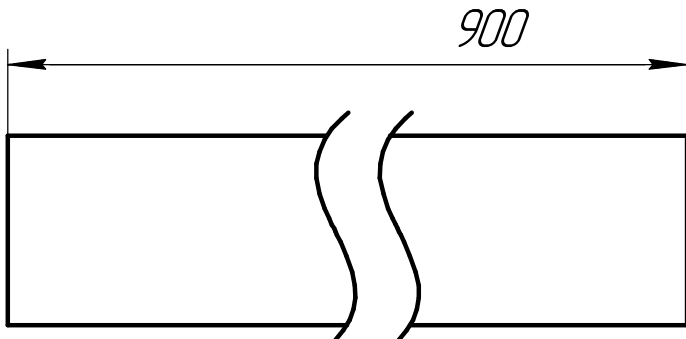
КЭ

Приложение Б

(обязательное)

Комплект чертежей для изготовления ресивера

ФЮРА.3344.95.1В71259



КОМПАС-3D v18.1 Числовая версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Справ. №
Перв. примен.

Подп. и дата
Инв. № дробл.
Инв. №
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Щеглов Я.		
Проб.		Першина А.А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

ФЮРА.3344.95.1В71259			
Обечайка	Лит.	Масса	Масштаб
			1:4
Сталь 12Х18Н10Т	Лист	Листов	1
	ТПУ ИШНКБ Группа 1В71		

ФЮРА.3344.95.1В71259

Перв. примен.

Справ. №

КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

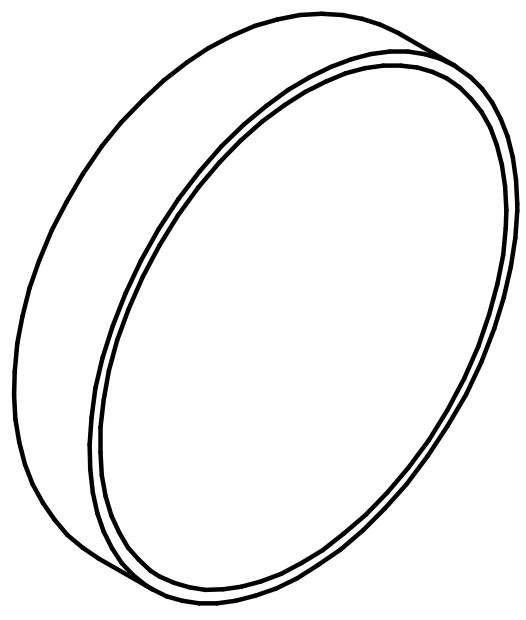
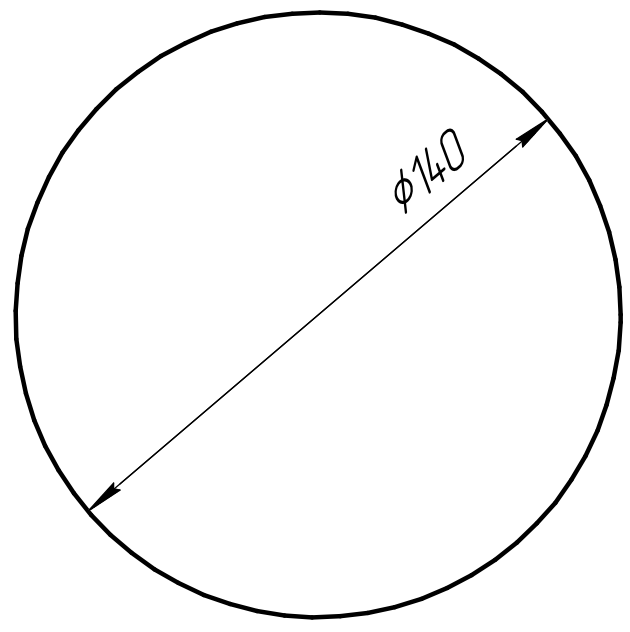
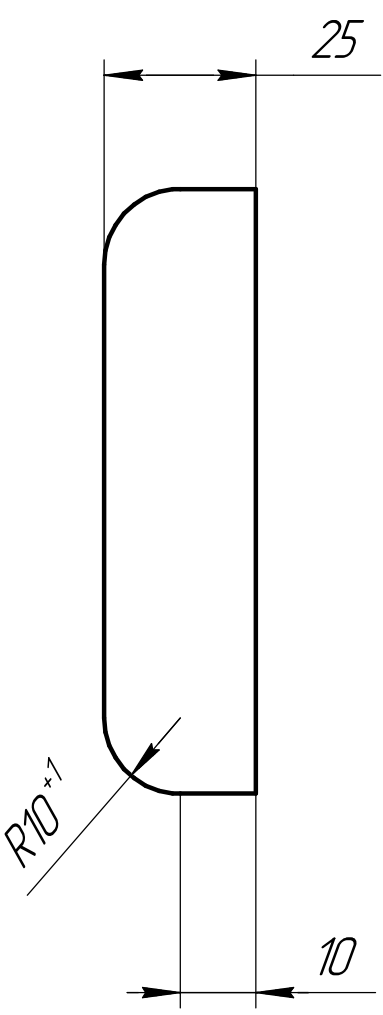
Подп. и дата

Инд. № докум.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Щеглов Я.А.		
Пров.		Першина А.А.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

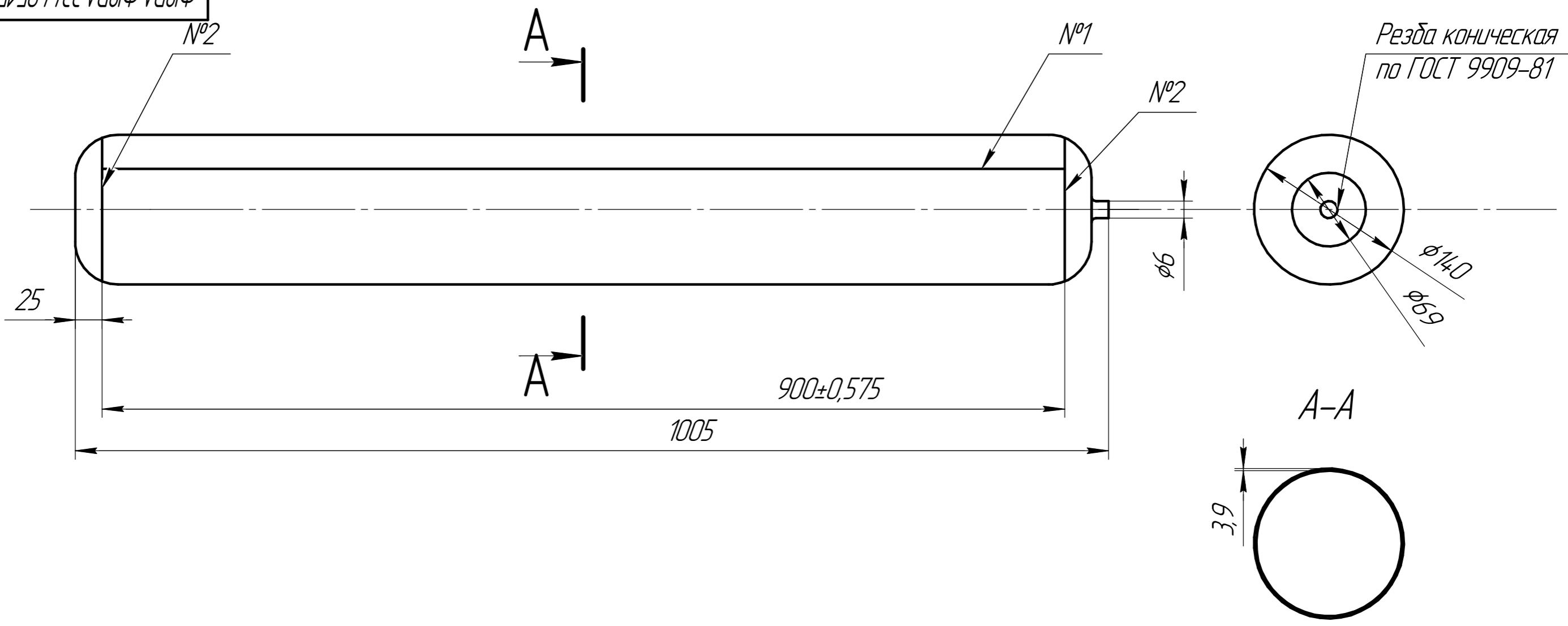
ФЮРА.3344.95.1В71259

Днище эллиптическое

Сталь 12Х18Н10Т

Лит.	Масса	Масштаб
	0	1:4
Лист	Листов	1
НИ ТПУ ИШНКБ Группа 1В71		

ФЮРА.ФЮРА.334495.1В71259 СБ



Спецификация к ресиверу для аппарата ИВЛ

№ поз	Наименование	Кол-во, шт.
1	Днище эллиптическое	2
2	Обечайка цилиндрическая	1

№ шва	Обозначение
№1	ГОСТ-14771-76-С2-ИП
№2	ГОСТ-14771-76-С2-ИП

- 1 Материал-сталь 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632-72
- 2 Наружное покрытие-Синяя краска
- 3 Сварочные материалы и технология сварки должна обеспечивать равнопрочность сварных швов основному металлу

ФЮРА.ФЮРА.334495.1В71259 СБ								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Ресивер для аппарата ИВЛ Сборочный чертеж	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Щеглов Я.А.							1:4
Проб.	Першина А.А.					Лист	Листов	1
Т.контр.								
Н.контр.					Сталь 12Х18Н10Т	ТПУ ИШНКБ Группа 1В71		
Утв.						Формат А3		

Копировал

Формат А3

КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.
Инд. № подл. Подл. и дата. Взам. инв. № Инв. № дубл. Подл. и дата.

Не для коммерческого использования