

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Специальность 15.04.01 Машиностроение
 ООП Машины и технологии сварочного производства
 Отделение электронной инженерии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Особенности сварки листов из разнородных сталей

УДК 621.791.03:669.18

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ01	Соколов Владислав Олегович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Киселёв А. С.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская М. В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кулагин А. Е.	к. ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец А. С.	к.т.н.		

Планируемые результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)-3	Способностью использовать иностранный язык в профессиональной сфере
ОПК(У)-4	Способностью осуществлять экспертизу технической документации
ОПК(У)-5	Способностью организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, и их элементов, по разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов
ОПК(У)-6	Способностью к работе в многонациональных коллективах, в том числе при работе над междисциплинарными и инновационными
ОПК(У)-7	Способностью обеспечивать защиту и оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности
ОПК(У)-8	Способностью проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
ОПК(У)-9	Способностью обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений
ОПК(У)-10	Способностью организовывать работу по повышению научно-технических знаний работников
ОПК(У)-11	Способностью подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области

	машиностроения
ОПК(У)-12	Способностью подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
ОПК(У)-13	Способностью разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения
ОПК(У)-14	Способностью выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способностью разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, оборудования, систем и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку
ПК(У)-2	Способностью разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии в машиностроении
ПК(У)-3	Способностью оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии
ПК(У)-8	Способностью организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов оборудования и материалов
ПК(У)-9	Способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
ПК(У)-10	Способностью и готовностью использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности

ПРИКАЗ

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**
 Отделение школы (НОЦ) **Отделение электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Гордынец А.С.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ01	Соколов Владислав Олегович

Тема работы:

Особенности сварки листов из разнородных сталей	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	10.01.2022, № 10-5/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Срок сдачи студентом выполненной работы:	21.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ёмкость из разнородных сталей объемом 5 м³. 2. Технология сварки: дуговая. 3. Толщина листов 8 мм.
---	--

<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 разнородных сталей и их свариваемость. 2. Обоснование выбора способа сварки, режимов, сварочных материалов и оборудования. 3. Разработка технологии, сборки и сварки цистерны объёмом 5 м³ <p>Комплект технологической документации</p>
--	---

<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 Чертёж установки для сварки днища с обечайкой</p>
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
1-3	Киселёв А.С., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ
4	Верховская М.В., к.э.н., доцент ОСГН ШБИП
5	Федорчук Ю.М., д.т.н., профессор ТПУ
Комплект технологических документов	Киселёв А.С., к.т.н., доцент ОЭИ ИШНКБ

Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы: Понятие разнородных сталей; Особенности технологии сварки конструкций из разнородных сталей; Описание сварной конструкции; Основной материал конструкции; Свариваемость основного материала конструкции.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.01.2022
--	------------

Задание выдал руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Киселёв А. С.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ01	Соколов Владислав Олегович		

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**

Уровень образования **магистратура**

Отделение электронной инженерии

Период выполнения осенний/весенний семестр 2021/2022 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Обучающегося:

Группа	ФИО
1ВМ01	Соколов Владислав Олегович

Тема работы:

Особенности сварки листов из разнородных сталей
--

Срок сдачи студентом выполненной работы:

21.06.2022

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.11.2020	Формулирование целей и задач работы, формулирование предмета и объекта разработки	10
20.12.2020	Обзор разнородных сталей, особенностей технологии сварки конструкций из разнородных сталей и выбор основного материала конструкции	10
25.05.2021	Разработка технологии сборки и сварки цистерны	20
24.01.2022	Разработка комплекта технологической документации	20
15.04.2022	Анализ полученных результатов и выводы о достижении цели в основном разделе ВКР	10
20.05.2022	Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
31.05.2022	Выполнение раздела «Социальная ответственность»	10
02.06.2022	Выполнение раздела «Иностранный язык»	5
06.06.2022	Оформление ВКР и презентационных материалов	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Киселёв А.С.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Гордынец А.С.	к.т.н.		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ01	Соколов Владислав Олегович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ01	Соколов Владислав Олегович

Школа	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Магистратура	15.04.01 Машиностроение
	Направление/специальность	

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя - 43200 Оклад инженера - 25000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	– SWOT-анализ; – оценка научного уровня исследования; – оценка организационной эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 2. <i>Матрица SWOT</i> 3. <i>Альтернативы проведения НИ</i> 4. <i>График проведения и бюджет НИ</i> 5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>	
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ01	Соколов Владислав Олегович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1ВМ01	Соколов Владислав Олегович

ШКОЛА	ишнкб	Отделение школы (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

Тема дипломной работы: «Особенности сварки листов из разнородных сталей»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является разработка технологии дуговой сварки листов из разнородных сталей. Рабочим местом является отдельное помещение (лаборатория). Рабочая зона: лаборатория Размеры помещения: 7*6 м Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов <ul style="list-style-type: none"> – Природа воздействия – Действие на организм человека – Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов) – СИЗ коллективные и индивидуальные 1.2. Анализ выявленных опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> – Термические источники опасности – Электроопасность – Пожароопасности 	1. Вредные факторы: <ul style="list-style-type: none"> 1.1 Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры; 1.2 Недостаточная освещенность Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ; 1.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ; 1.4 Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ; 1.5. Ультразвук, ПДУ, СКЗ, СИЗ. 2. Опасные факторы: <ul style="list-style-type: none"> 2.1 Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R_{заземления}, СКЗ, СИЗ. 2.2 Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации. 2.3. Лазерное излучение, класс опасности, СКЗ, СИЗ.

2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> – Выбросы в окружающую среду – Решения по обеспечению экологической безопасности 	Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, вторцвет- и чермет, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника) и способы их утилизации;
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте); 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
4. Перечень нормативно-технической документации.	– ГОСТы, СанПиНы, СНиПы

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ01	Соколов Владислав Олегович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 141 страниц, 3 рисунка, 35 таблиц, 24 источника, 3 приложения.

Ключевые слова: разнородные стали, дуговая сварка разнородных сталей, стали перлитного и мартенситно-ферритного класса, сварка в среде углекислого газа плавящимся электродом, ёмкость, подогрев, термообработка.

Объектом исследования являются листы из разнородных сталей.

Предмет исследования технология сборки и сварки цистерны объёмом 5 м³ из разнородных сталей.

Цель работы – разработка технологической документации на сборку и сварку цистерны объёмом 5 м³ из разнородных сталей.

В ходе работы были изучены способы сварки разнородных сталей, а также сварки ёмкостей. Были проведены исследования и необходимый выбор разделки кромок, режимов и последовательности сварки конструкции.

В результате исследований была разработана технология механизированной сварки плавящимся электродом цистерны объёмом 5 м³ в среде защитных газов.

Степень внедрения: задание было выполнено применительно к предприятию Томский электромеханический завод.

Область применения – данная ёмкость может применяться для хранения и транспортировки технологических жидкостей.

Экономическая эффективность: сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Оглавление

Введение.....	14
1 Обзор литературы	16
1.1 Понятие разнородных сталей.....	16
1.2 Особенности технологии сварки конструкций из разнородных сталей.....	19
1.3 Описание сварной конструкции	21
1.4 Основной материал конструкции	23
1.5 Свариваемость основного материала конструкции.....	24
2 Обоснование выбора способа сварки, режимов, сварочных материалов и оборудования	26
2.1 Выбор способа сварки	26
2.1.1 Ручная дуговая сварка плавящимися покрытыми электродами	26
2.1.2 Сварка под флюсом.....	27
2.1.3 Дуговая сварка в инертных газах	28
2.1.4 Сварка в углекислом газе	29
2.2 Выбор сварочных материалов	30
2.2.1 Выбор источника питания.....	33
2.2.2 Выбор сварочного оборудования	33
3 Разработка технологии сборки и сварки.....	36
3.1 Технология сборки и сварки цистерны объёмом 5 м ³	36
3.2 Нормирование технологического процесса	37
3.3 Подогрев и термообработка после сварки.....	43
3.4 Основные дефекты, возникающие в процессе сварки и меры борьбы с ними	44
3.5 Методы неразрушающего контроля.....	46
3.6 Выводы по разделу.....	47
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	49

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	49
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	49
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	50
4.1.3 Swot-анализ	52
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	55
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	55
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	56
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	57
4.3 Бюджет научно-технического исследования (нти).....	61
4.3.1 Расчет материальных затрат нти	61
4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	62
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	64
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	65
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды	66
4.3.5 Накладные расходы.....	67
4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	67
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	68
4.5 Выводы по разделу «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	70
5 Социальная ответственность	72
Введение.....	72
5.1 Анализ выявленных вредных факторов.....	73
5.1.1 Микроклимат в помещении	73
5.1.2 Освещенность рабочей зоны.....	75
5.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений	80
5.1.4 Превышение уровней шума	82

5.1.5 Ультразвук	83
5.2 Опасные факторы	84
5.2.1 Электробезопасность	84
5.2.2 Пожарная опасность	86
5.2.3 Лазерное излучение	89
5.3 Экологическая безопасность.....	90
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	92
5.5 Вывод по разделу «социальная ответственность».....	94
Заключение	95
Список использованных источников	97
Приложение А Комплект технологической документации.....	101
Приложение Б Чертёж установки для сварки днища с обечайкой	130
Приложение В Literature review.....	132

Введение

В отрасли нефте-, газохимического машиностроения сварка разнородных сталей является одной из наиболее часто возникающих задач. Как правило, к корпусам аппаратов, изготовленных из дорогостоящих теплоустойчивых сталей, имеется необходимость приварки вспомогательных конструкций: опор, кронштейнов для крепления площадок обслуживания и т. д.

Разнородные стали играют важную роль в производстве аппаратуры для химической промышленности. Например, из них изготавливают резервуары для хранения и перевозки кислот, части конструкции теплообменных аппаратов, адсорберов и фильтров. Широкое применение разнородные стали получили в медицине (медицинская пила), в пищевой промышленности (аппаратура для переработки молочной продукции и т. п.).

Изготовление перечисленных вспомогательных узлов и конструкций из теплоустойчивых сталей является нерациональным по ряду причин: во-первых, применение дорогостоящих материалов для вспомогательных конструкций экономически нецелесообразно, значительно повышается стоимость изготовления оборудования; во-вторых, особенность сварки теплоустойчивых сталей, обусловленная необходимостью снятия остаточных напряжений путем обязательной термической обработки для предотвращения образования трещин, приводит к необходимости ее выполнения на монтажной площадке после приварки к данным конструкциям изделий, для которых они предназначены (например, площадок обслуживания к кронштейнам). Таким образом, изготовление вспомогательных узлов и деталей в машиностроении происходит, как правило, из низколегированных или углеродистых конструкционных сталей.

Современные тенденции ресурсосбережения диктуют жесткие условия для разработки конструкции оптимальной как с точки зрения надежности, так и с точки зрения экономической эффективности. Данное обстоятельство, в свою

очередь, приводит к необходимости все более частого и широкого применения разнородных сварных соединений.

Актуальность заключается в том, что в настоящее время в России практически отсутствует производство цистерн небольших объемов.

В связи с этим возникает необходимость разработки технологии дуговой сварки ёмкости объёмом 5 м³ из разнородных сталей: выбора способа сварки, сварочных материалов, расчета параметров режима сварки и назначения последовательности и содержания сборочно-сварочных операций.

Поэтому целью данной выпускной квалификационной работы является изучение особенностей сварки листов из разнородных сталей.

1 Обзор литературы

1.1 Понятие разнородных сталей

Разнородными считаются стали, которые различны по химическому составу, структурному классу, степени легирования, типу, подверженности сваривания между собой, а также степени теплопроводности [1].

Разнородные стали имеют отличия в атомно-кристаллическом строении, то есть имеют гранецентрированную (ГЦК), объёмно-центрированную (ОЦК) кубическую решетку или относятся к разным структурным классам (аустенитным, перлитным, ферритным, мартенситным), а также стали, имеющие однотипную кубическую решетку, но принадлежащие к разным группам по степени и типу легирования (низколегированные, легированные, высоколегированные) [2].

По содержанию количества углерода в составе стали их делят на:

- низкоуглеродистые стали (содержание углерода менее 0,25%);
- среднеуглеродистые стали (содержание углерода находится в пределах от 0,25 до 0,46%);
- высокоуглеродистые стали (содержание углерода находится в пределах от 0,46 до 0,75%).

Стали в зависимости от содержания легирующих элементов делятся на:

- низколегированные стали (менее 5%);
- среднелегированные стали (не более 10%).
- высоколегированные стали (свыше 10%).

В зависимости от содержания в химическом составе стали вредных примесей (серы и фосфора) выделяют:

- красноломкие стали (при повышении содержания серы увеличивается степень красноломкости);
- хладноломкие стали (при повышении содержания фосфора увеличивается степень хладноломкости).

Стали, в которых методом раскисления удалены вредные примеси (серы и фосфора) или введены химические элементы, нейтрализующие их влияние на свойства стали, называются тепло- и хладостойкие стали.

В таблице 1 приведены различные структурные классы и типы сталей, из которых изготавливают сварные конструкции.

Таблица 1 – Классификация сталей, применяемых в сварных соединениях из разнородных сталей [2]

Структурный класс	Группа	Характеристика сталей	Марки
	I	Низкоуглеродистые	Ст3сп, 20 и др.
Перлитные	II	Конструкционные низкоуглеродистые и низколегированные	10ХСНД, 12ХН2, 20ХГСА
	III	Среднеуглеродистые низколегированные повышенной прочности	40Х, 30ХГСА, 40ХН2МА
	IV	Теплоустойчивые хромомолибденовые	15ХМ, 20ХМЛ, 30ХМА
	V	Теплоустойчивые хромомолибденванадиевые	12Х1МФ, 15Х1М1Ф
Мартенситные, мартенситно-ферритные и ферритные	VI	12% - хромистые коррозионно-стойкие	08Х13, 12Х13

Продолжение таблицы 1

	VII	Высокохромистые кислотостойкие и жаростойкие	12X17, 15X25T, 14X17H2, X25H5ГМФ
	VIII	12% - хромистые жаростойкие	15X11МФ, 15X12ВНМФ
Аустенитно-ферритные и аустенитные стали и сплавы на железоникелевой основе	IX	Аустенитные и аустенитно-ферритные кислотостойкие и жаропрочные	12X18H10T, 10X17H13M3T, 12X16H9M2
	X	Жаропрочные аустенитные	XH35BT, 08X15H24B4TP
	XI	Жаропрочные на никелевой основе	XH65BMТЮ
	XI	Жаростойкие аустенитные	20X23H18, 20X25H20C2, XH78T

Изготовленные из разнородных сталей конструкции называются комбинированными. Они используются, когда отдельные части конструкции должны без разрушений работать в условиях, отличающихся температурой, различными механическими воздействиями (знакопеременная нагрузка, износ и т. п.).

1.2 Особенности технологии сварки конструкций из разнородных сталей

Актуальные конструкции, выполненные посредством сварки всё чаще, прибегают к изготовлению из конструкционных, жаропрочных и коррозионно-стойких сталей разных структурных классов. В современных реалиях отдельные компоненты сварной конструкции из разнородных сталей широко применяются легированные стали там, где участки конструкции подвержены влиянию агрессивных сред, значительных температур и больших напряжений. Сварные соединения в таких изделиях изготавливают из разных структурных классов или одного структурного класса разного легирования (табл. 1).

Преобладают сочетания сталей перлитного класса с мартенситно-ферритными коррозионно-стойкими высокохромистыми сталями.

Большое влияние условий работы конструкции оказывает на подбор сварочных материалов, их эксплуатационную надежность и саму технологию сварки (табл. 2).

Таблица 2 – Условия работы и области применения сварных соединений из разнородных сталей [3]

Условия работы	Область применения	Типы сварных узлов	Группы свариваемых сталей
При нормальных условиях (сварные конструкции общего назначения)	Строительные конструкции. Трубопроводы Сосуды под давлением	Балки, фермы. Присоединение вспомогательных элементов к трубам, стыки труб. Присоединение вспомогательных элементов и трубопроводов к оболочке сосуда	I и II

Продолжение таблицы 2

При нормальных условиях (сварные конструкции общего назначения)	Узлы машин и механизмов	Зубчатые колеса, валы, рычаги	I и II, I и III, II и III
	Узлы гидротурбин	Рабочие колеса, статоры, лопатки	II и VI, II и IX
Коррозия и повышенные температуры	Агрегаты химической и нефтехимической промышленности	Присоединение трубопроводов и узлов крепления к оболочкам сосудов; теплообменные аппараты	I и VI, II и VI, I и VII, II и VII, I и VIII, II и VIII
При высоких температурах	Узлы энергетических установок	Диафрагмы паровых турбин, стыки трубопроводов, роторы.	I (IV) и VI (VIII), V и X.
		Стыки труб поверхностей нагрева и паропроводов.	I (IV) и IX
		Камеры сгорания и горелки.	I и XII
		Стыки трубопроводов с корпусом реактора	IV и IX

На определение сварочных материалов, технологию непосредственной сварки и надежность конструкции также влияют дополнительные факторы при работе с разнородными сталями:

1. разнородный состав в металле шва из-за проплавления при процессе сварки основного металла другого легирования, чем наплавленный металл;
2. образование прослоек различного состава в зоне сплавления малопрочных и хрупких кристаллизационных и диффузионных прослоек;
3. появление остаточных напряжений после сварки, которые трудно устранить посредством термической обработки в сталях разного структурного класса.

Вследствие чего можно сделать вывод, что готовые сварные швы в конструкции из разнородных сталей проявляют явную неоднородность по химическому, структурному и механическому показателям. При сварке разнородных сталей в несколько слоёв, во всех слоях шва разнятся химические составы, т. е. химическая неоднородность сварного шва.

При многослойной сварке разнородных сталей может наблюдаться химическая неоднородность металла шва, т. е. неодинаковый химический состав металла различных слоев шва. Для определения химического состава определено слоя шва пользуются долями участия наплавленного γ_n и проплавленного основного металла γ_{01} и γ_{02} со стороны каждой стали в сварном соединении [3].

1.3 Описание сварной конструкции

Конструкция представляет собой ёмкость для хранения и транспортировки технологических жидкостей. Цистерна (от лат. *cisterna* – водоём, водохранилище), искусственное закрытое сооружение либо ёмкость для хранения или транспортировки жидкостей, сжиженных газов, сыпучих тел.

Изделие «Цистерна» изготавливают из стали коррозионно-стойкой жаропрочной 08X13 [1].

Сталь 08X13 используется в производстве деталей с высокой пластичностью, которые при эксплуатации подвергаются ударам и механическим динамическим нагрузкам – узлы прессов, детали турбин. Также из сплава 08X13 изготавливаются элементы, работающие под воздействием слабой агрессии типа осадков, солевых растворов, органических кислот.

Расшифровка 08X13: «08» – содержание в сплаве углерода до 0,08%. «X13» – наличие хрома в количестве около 13%.

Как видно из расшифровки 08X13, в составе стали существенно увеличено процентное содержание хрома. Он обеспечивает повышенный уровень сопротивления коррозии. Кроме того, в сплаве отсутствует никель.

Сталь 08X13 характеризуется высокой степенью стойкости к образованию коррозии в самых необычных условиях эксплуатации изделий из нее. Наивысшую сопротивляемость коррозии 08X13 проявляет в следующих условиях эксплуатации:

- азотная кислота с концентрацией 10–20 % при 40°C;
- азотная кислота с концентрацией 30% при 20°C;
- водные растворы любой концентрации при 20–100°C;
- этиловый спирт при комнатной температуре;
- серная кислота с концентрацией 90–100% при комнатной температуре;
- пищевые продукты – фруктово-ягодные смеси, патока и сахарный спирт, масло.

К специальным свойствам стали 08X13 относятся: жаростойкость в окислительных средах при высоких температурах – достигающих 800°C; эксплуатация 08X13 в водороде при 600°C и 80МПа.

Большое распространение в эксплуатации сталь 08X13 получила в слабоагрессивных средах (пищевая, мясо-молочная, спиртоводочная отрасли промышленности, шахтное оборудование, медицинские приборы и предметы домашнего обихода), а так же в азотной и уксусной кислотах при комнатной температуре. Свариваемость этой стали удовлетворительная.

Цистерна состоит из одной обечайки, двух полусфер (доньшек).

Полусферы – изделия выдавливаются из сварной круглой заготовки на прессе в специальной оснастке. Обечайки вальцуют и сваривают на участке сварки. В последующем приваривают люк из стали конструкционной углеродистой обыкновенного качества СтЗпс.

Толщина всех свариваемых деталей – 8 мм.

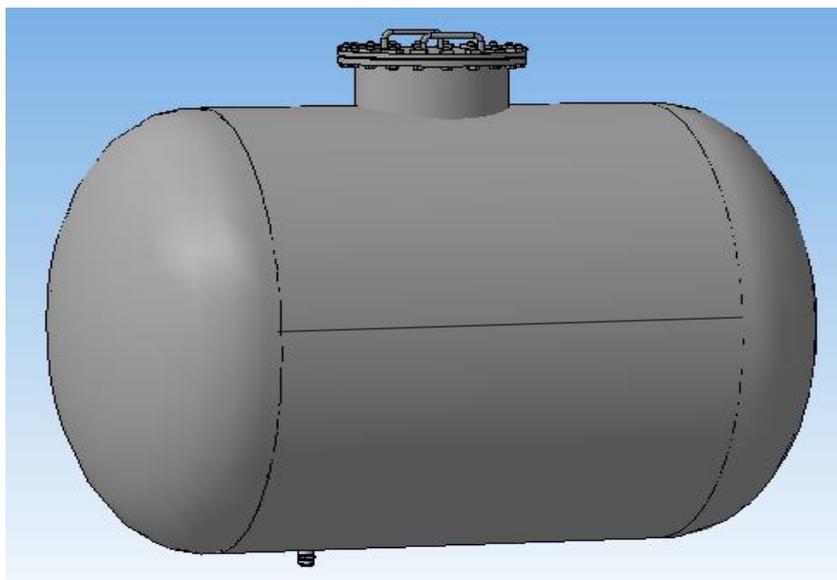


Рисунок 1 – Ёмкость объёмом 5м³

1.4 Основной материал конструкции

Для изготовления данной конструкции используется углеродистая сталь обыкновенного качества Ст3пс и коррозионно-стойкая жаропрочная сталь 08Х13.

Ст3пс - сталь обыкновенного качества. По степени раскисления данная сталь является полуспокойной. Является промежуточным звеном между кипящей и спокойной сталью по склонности к старению. Поставляется обыкновенная сталь минуя термическую обработку в горячекатаном виде. Металлоконструкции, выполненные из данной стали не подвергаются термической обработке на финишном этапе производства. По ГОСТ 380-2005 происходит изготовление этой стали.

В таблице 3 приведен химический состав стали Ст3пс согласно ГОСТ 380-2005 [4].

Таблица 3 – Химический состав стали Ст3пс по ГОСТ 380-2005 [4]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,14 – 0,22	0,05 – 0,15	0,4 – 0,65	до 0,3	до 0,05	до 0,04	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

В таблице 4 приведены механические свойства стали Ст3пс согласно ГОСТ 535-2005 [5].

Таблица 4 – Механические свойства стали СтЗпс по ГОСТ 535-2005 [5]

Временное сопротивление разрыву, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²
370 – 480	205 – 245	23 – 26	78

Высокохромистые стали используют в качестве коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных. Из коррозионно-стойких (достаточно стойких против атмосферной коррозии и в слабоагрессивных жидких средах) обычно применяют стали с 13% Cr – соответственно марок 08X13, 12X13 и 20X13. Одновременно эти стали обладают жаростойкостью до ~650°C и достаточной жаропрочностью до 480–500°C. Химический состав стали 08X13 приведен в таблице 5 [6].

Таблица 5 – Химический состав стали 08X13 по ГОСТ 5949-2018 [7]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
до 0,08	до 0,8	до 0,8	до 0,6	до 0,025	до 0,03	12 – 14

Таблица 6 – Механические свойства листовой стали 08X13 по ГОСТ 7350-77 [8]

Временное сопротивление разрыву, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²
420	295	23	230

1.5 Свариваемость основного материала конструкции

Причиной образования холодных трещин является закаливаемость стали при быстром охлаждении, а также насыщение водородом металла шва и зоны термического влияния. Эти трещины появляются, в основном, на протяжении некоторого времени после сварки и наплавки и растут в течение нескольких часов и порой даже суток. Для определения склонности металла к холодным трещинам используется углеродный эквивалент, который можно применять как

показатель, при предварительной оценке, характеризующий свариваемость основного металла [9].

Эквивалентное содержание углерода находится по формуле:

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}, \quad (1)$$

где C, Mn, Cr, V, Mo, Cu, Ni – содержание основных легирующих элементов в основном металле в процентах.

Сталь СтЗпс в соответствии с классификацией сталей по свариваемости обладает хорошей свариваемостью, так как эквивалентное содержание углерода в ней менее 0,25% и не требует дополнительной термической обработки до, после и во время сварки (предварительный, сопутствующий подогрев и отпуск).

Сталь 08X13 в соответствии с классификацией сталей по свариваемости обладает ограниченную свариваемостью, так как в условиях сварочного термического цикла в околошовных участках (а также и в металле шва, если по составу он подобен свариваемому металлу) закаливаются на мартенсит с высокой твердостью и низкой деформационной способностью. В результате деформаций, сопровождающих сварку, а также действия высоких остаточных и структурных напряжений, имеющихся в сварных соединениях в исходном состоянии после сварки, в таком металле возможно образование холодных трещин. Они образуются на последней стадии непрерывного охлаждения (при температурах ~100°C и более низких) или при выдержке металла при комнатных температурах.

Для улучшения структуры и свойств необходимо осуществлять высокий отпуск. Структура после отпуска характеризуется сорбитом отпуска, с тем или иным количеством свободного феррита. Лучшие свойства достигаются при полном или почти полном отсутствии в структуре свободного феррита [9].

2 Обоснование выбора способа сварки, режимов, сварочных материалов и оборудования

2.1 Выбор способа сварки

Для выбора способа сварки рассмотрим некоторые распространённые способы.

2.1.1 Ручная дуговая сварка плавящимися покрытыми электродами

Ручная дуговая сварка плавящимися покрытыми электродами является предпочтительнее, так как она отличается простотой применяемого оборудования и универсальностью.

При данном виде сварки образуется шлаковая защита расплавленного металла, которая практически исключает взаимодействие металла шва с окружающим воздухом. Для обеспечения защиты расплавленного металла электродное покрытие, которое при сгорании создает шлаки и газы, должно иметь определенные физико-химическими свойства. Вследствие этого при выполнении сварных соединений из разных металлов для получения заданного состава и свойств металла шва используют электроды с надлежащим типом покрытия, которые должны соответствовать специальным требованиям [9].

При использовании ручной дуговой сварки перемещение электрода и подача в сварочную ванну по мере его плавления производится вручную.

Напряжение дуги и сила сварочного тока в данном случае напрямую зависят от длины дуги. Источники питания необходимо использовать с крутопадающими вольтамперными характеристиками для обеспечения стабильного теплового режима в сварочной ванне.

Достоинства РДС:

- создание сварного соединения в труднодоступных местах и во всех пространственных положениях;
- большое количество свариваемых материалов;

- относительная простота оборудования.

Недостатки РДС:

- низкая производительность труда;
- трудоёмкий процесс;
- качество сварного шва напрямую зависит от квалификации сварщика.

2.1.2 Сварка под флюсом

При изготовлении изделия из металлов толщиной 5—50 мм этот способ сварки является ведущим. Постоянство глубины проплавления по всей длине шва, а значит, и состава металла шва, отсутствие кратеров, вызванных сменой электродов, и чешуйчатости поверхности швов, их благоприятная форма являются большим преимуществом сварки под флюсом по сравнению с ручной дуговой сваркой покрытыми электродами. Однако применение этого способа сварки затруднено при предварительном или сопутствующем подогреве и при сварке кольцевых стыков труб диаметром менее 250 мм. Подготовка и сборка кромок под сварку, а также техника их сварки незначительно отличаются от этих же операций при сварке низкоуглеродистых сталей.

При остальных идентичных условиях из-за более низкой температуры плавления и теплопроводности для получения одинаковой глубины проплавления при сварке высоколегированных сталей и сплавов сварочный ток должен быть уменьшен на 10—30 %. Из-за повышенного электросопротивления, а поэтому и нагрева электрода его вылет уменьшают в 1,5—2 раза по сравнению со сваркой низкоуглеродистой стали. Поскольку для предупреждения образования горячих трещин сварку желательно выполнять швами небольшого сечения, рекомендуется использовать электродную проволоку диаметром 2—3 мм. При использовании фторидных флюсов сварку ведут на постоянном токе обратной полярности, при высокоосновных бесфтористых флюсах — токе прямой полярности [10].

2.1.3 Дуговая сварка в инертных газах

Сварка в инертных газах отличается минимальным угаром легирующих элементов, что важно для сварки высоколегированных сталей. При этом способе сварки вероятность изменения состава металла шва более ограничена, чем при других способах сварки. Они возможны при выборе соответствующей марки сварочной проволоки, изменении долей участия основного и электродного металлов в формировании шва и использовании смеси газов, содержащих химически активные газы. Сварка в защитных газах возможна в различных пространственных положениях.

Сварку плавящимся электродом выполняют на постоянном токе обратной полярности, а сварку вольфрамовым электродом—на постоянном токе прямой полярности (за исключением сталей, содержащих повышенное количество алюминия, тогда сварку ведут на переменном токе).

Сварку вольфрамовым электродом осуществляют преимущественно в инертных газах или их смесях, она целесообразна для материала толщиной до 5—7 мм. Хорошее формирование обратного валика позволяет рекомендовать вольфрамовый электрод для сварки корневых швов на сталях повышенной толщины, (остальные валики могут выполняться под флюсом, покрытыми электродами или плавящимся электродом в защитных газах). Сварку можно вести непрерывно горячей или импульсной дугой, вручную, механизировано или автоматически [10].

Сварку плавящимся электродом выполняют полуавтоматически или автоматически в инертных, активных газах или смесях газов. При сварке сталей, содержащих легкоокисляющие элементы (алюминий, титан и др.), в качестве защитного газа рекомендуется использовать аргон. Для сварки в инертных газах необходимо выбирать силу тока, обеспечивающую струйный перенос электродного металла, что особенно полезно при сварке в вертикальном и потолочном положениях. Однако при этом на тонколистовом материале могут образоваться прожоги.

При использовании смесей аргона с кислородом и углекислым газом наблюдается повышенный угар легкоокисляющихся легирующих элементов (титан до 50 %) и возможно науглероживание металла шва. Вредное действие науглероживания на коррозионно-стойких сталях нейтрализуется увеличением содержания в металле шва титана, ниобия и ферритизаторов (кремний, алюминий, хром). Рекомендуется выбирать режимы, обеспечивающие минимальное разбрызгивание расплавленного металла [10].

2.1.4 Сварка в углекислом газе

Окислительная атмосфера, создаваемая в дуге за счёт диссоциации углекислого газа, вызывает повышенное (до 50%) выгорание титана и алюминия. Несколько меньше выгорают марганец, кремний и др., а хром не окисляется. Поэтому при сварке коррозионно-стойких сталей в углекислом газе применяют сварочные проволоки, содержащие раскисляющие и карбидообразующие элементы. Другим недостатком является большое разбрызгивание металла, (потери достигают 10-12%) и образование на поверхности окисных плёнок. Ещё один недостаток, это возможность науглероживания металла шва. Сварку производят на автоматических и полуавтоматических режимах с применением постоянного тока обратной полярности. Сварочные проволоки для сварки высоколегированных сталей, обеспечивают требуемую коррозионную стойкость за счёт повышенного содержания Ti, Ni, Al, Cr, Si.

Недостатком швов, выполненных в углекислом газе, является образование на их поверхности прочной пленки окислов [10].

Пониженная теплопроводность и высокий коэффициент линейного расширения обуславливают усиленное коробление конструкций и узлов из высоколегированных сталей и сплавов. Поэтому для их сварки применяют режимы, которые характеризуются минимальной концентрацией нагрева. В этом смысле лучшие результаты дает механизированная сварка под флюсом и в

среде защитных газов. Поэтому сварку высоколегированных сталей и сплавов необходимо выполнять короткой дугой без колебаний конца электрода. Такая технология позволяет уменьшить угар элементов и в значительной мере предотвратить загрязнение металла шва оксидными и нитридными включениями, сохранить постоянство химического состава металла шва. С этой точки зрения преимущество остается за механизированной сваркой.

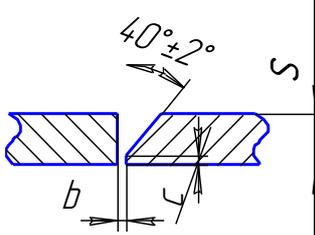
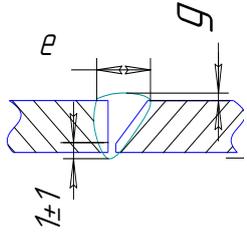
Так как данное изделие имеет сравнительно большие размеры и протяженные швы. То наиболее целесообразно для протяженных кольцевых и продольных швов применять механизированную дуговую сварку плавящимся электродом в углекислом газе.

2.2 Выбор сварочных материалов

Основными параметрами режима сварки в CO_2 и его смесях являются: полярность и сила тока, напряжение дуги; диаметр, скорость подачи, вылет и наклон электрода; скорость сварки; расход и состав защитного газа.

При определении режима сварки необходимо выбрать такие параметры, которые, которые обеспечат получение швов заданных размеров, формы и качества [10].

Таблица 7 – Конструктивные элементы и размеры (мм) сварного соединения по ГОСТ 14771-76 [11]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		$S = S_1$	b		c		e		g	
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва		Номин.	пред. откл.						
C8			8,0	1	± 1	1	± 1	1	± 2	1	± 1

Продолжение таблицы 7

У6			8,0	1	±1	1	±1	1	±2	1	±1

На основании данных приведенных выше назначаем следующие параметры режима сварки, приведенные в таблице 8.

Таблица 8 – Ориентировочные параметры режима плавящимся электродом высоколегированных сталей в углекислом газе [12]

Толщина металла, мм	Диаметр сварочной проволоки, мм	Вылет электрода, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Расход CO ₂ , л/мин
8	2,0	15 – 20	380 – 400	30 – 32	28 – 32	12 – 15
	3,0	20 – 25	430 – 450	33 – 35		10 – 18

Сварка высокохромистых мартенситно – ферритных сталей. Так как эти стали также склонны к закалке в ОШЗ, то они тоже свариваются с предварительным подогревом, но уже порядка 200-300 °С. Остальные операции после сварки аналогичны операциям при сварке высокохромистых мартенситных сталей:

- подстуживание 120 – 100 °С;
- нагрев в печи 750 – 780 °С;
- выдержка при этой температуре ~5 минут на каждый миллиметр толщины изделия (но не менее 1 час);
- охлаждение на спокойном воздухе.

При сварке плавящимся электродом в CO₂ для предохранения от выгорания основных элементов, определяющих свойства металла шва, необходимо использовать проволоки, содержащие в достаточных количествах специальные раскислители [12].

Согласно рекомендациям, для сварки кольцевых и продольного швов применим проволоку материала Св-08Х14ГНТ по ГОСТ 2246 –70, диаметром 2 мм.

Таблица 9 – Химический состав в % материала Св-08Х14ГНТ по ГОСТ 2246 – 70 [13]

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti
до 0,1	0,25 – 0,65	0,9 – 1,3	0,4 – 0,9	до 0,025	до 0,035	12,5 – 14,5	0,6 – 1

Для наиболее распространенных способов сварки плавлением свойства сварных соединений разнородных сталей в большой степени зависят от выбора сварочных материалов. От легирования наплавленного металла существенно зависит возможность образования в переходных слоях шва хрупких структур и трещин, а также интенсивность развития в зоне сплавления кристаллизационных и диффузионных прослоек. В зависимости от сочетания свариваемых сталей, технологии изготовления и режима эксплуатации конструкции, применяемые сварочные материалы по своему составу могут быть близки к менее или более легированной стали, а в ряде случаев и заметно отличаться от них.

Таблица 10 – Рекомендации по выбору сварочных материалов для сварки из разнородных сталей перлитного класса с высокохромистыми [12]

Предельная температура, °С	Марки свариваемых сталей		Метод сварки	Сварочные материалы
300 – 350	Низкоуглеродистые (20, 30, Ст3) и низколегированные конструкционные	12 % -ные хромистые 08Х13, 12Х13, 20Х13, 15Х11В2МФ	Ручная дуговая Покрытыми электродами	Электроды типа Э-ХМ
			Под флюсом	Проволока Св-10ХМ
			в CO ₂	Св-07Х25Н12Г2Т

Согласно рекомендациям, для сварки углового шва из разнородных сталей применим проволоку материала Св-07Х25Н12Г2Т по ГОСТ 2246 - 70, диаметром 3 мм.

Таблица 11 – Химический состав в % материала Св-07Х25Н12Г2Т по ГОСТ 2246 – 70 [13]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti
до 0,09	0,3 – 1	1,5 – 2,5	11 – 13	до 0,02	до 0,035	24 – 26,5	0,6 – 1

Для уменьшения возможности налипания на основной металл брызг следует применять специальные эмульсии, наносимые на кромки перед сваркой.

Если сварка угловых или иных швов происходит в среде защитного газа, то особое значение имеет направление ведения электрода.

Различают правый и левый способы сваривания заготовок. В целом, разница между этими вариантами сплавления деталей заключается в следующем.

Правый способ расположения держателя обеспечивает лучший обзор процесса наплавления, более глубокий провар и стабильную дугу. Кроме того, сварка сопровождается минимальным количеством разбрызгивания металла.

2.2.1 Выбор источника питания

Источники питания сварочной дуги должны отвечать следующим условиям: 1) обеспечивать для данного технологического процесса силу тока и напряжение дуги; 2) иметь необходимый вид внешней характеристики, чтобы выполнить условия стабильного горения дуги; 3) иметь такие динамические параметры, чтобы можно было обеспечивать нормальное возбуждение дуги и минимальный коэффициент разбрызгивания.

2.2.2 Выбор сварочного оборудования

В настоящее время имеется огромный выбор различного оборудования и источников питания для полуавтоматической сварки в углекислом газе. Источник питания сварочной дуги должен отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать необходимую для данного технологического процесса силу тока и напряжение дуги;
- иметь необходимый вид внешней характеристики, чтобы выполнять условия стабильного горения дуги;
- иметь такие динамические параметры, чтобы можно было обеспечить нормальное возбуждение дуги и минимальный коэффициент разбрызгивания. Согласно литературным и интернет данным, принимаем инверторную установку сварки в углекислом газе ESAB Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud 380-460 CE.

Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud 380-460 CE – это легкий инверторный источник сварочного тока с электронным управлением для сварки MIG/MAG/MMA, предназначенный для областей, где требуется высокая производительность и высокое качество сварки. По сравнению с традиционными аналогами у него на 70% меньше площадь опорной поверхности. Новая компактная конструкция в сочетании с легким весом (благодаря использованию инвертора) делают Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud 380-460 CE по-настоящему мобильным [14].

Таблица 12 – Основные характеристики установки для механизированной сварке в углекислом газе Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud 380-460 CE [14]

Напряжение в сети, В	3x380
Потребляемая мощность, кВА	6,3
Диапазон регулирования сварочного тока, А	4–400
Продолжительность нагрузки (ПН), % при I=250 А	60
Максимальная толщина свариваемой стали, мм	12
КПД, %	81,2
Габаритные размеры, мм	610 × 250 × 445
Масса, кг	44,5
Охлаждение горелки	водяное
Климатическое исполнение, категория размещения	У3

В настоящее время очень актуально рассматривать импортозамещение, в следствии чего согласно данным был выбран аналог Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud 380-460 CE.

Выпрямитель сварочный типа ВДУ-511 с универсальными внешними характеристиками, именуемый в дальнейшем "выпрямитель", предназначен:

- для полуавтоматической сварки плавящимся электродом углеродистых, легированных и коррозионностойких сталей в среде защитных газов (MIG-MAG);
- для сварки углеродистых, легированных и коррозионностойких сталей на постоянном токе (MMA) металлическими электродами с покрытием;
- для сварки неплавящимся электродом на постоянном токе в среде аргона (TIG) всех металлов, за исключением алюминия и его сплавов.

Выпрямитель изготовлен по техническим условиям ТУ У 20732066.075-99.

Основные технические данные выпрямителя приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Основные технические характеристики выпрямителя сварочного универсального ВДУ-511[15]

	MIG/MAG
Питание сети	380 В, 50 Гц, 3 фазы
Номинальный сварочный ток, А (ПВ, ПН, %)	400(100), 500(60)
Пределы регулирования сварочного тока, А	50 – 500
Напряжение холостого хода, В, не более	55
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	16.5 – 39
Потребляемая мощность при номинальном токе, кВА, не более	29
Масса, кг, не более	260
Габаритные размеры, мм,	750x650x1150

3 Разработка технологии сборки и сварки

Для сборочных, сборочно-сварочных и сварочных операций рекомендуется полное (операционное) описание. Описание выполняется в операционной карте в соответствии с ГОСТ 3.1407–86. Сварка – ГОСТ 3.1705–81. Заготовительные операции описываем в маршрутной карте.

Комплект документов на технологический процесс изготовления резервуара приведен в конце пояснительной записки.

3.1 Технология сборки и сварки цистерны объёмом 5 м³

Коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная толстолистовая сталь по ГОСТ 7350 должна быть термически обработанной, травленной, с качеством поверхности по группе М2б. По указанию разработчика сосуда должны быть оговорены требования по содержанию α -фазы.

Для уменьшения возможности налипания на основной металл брызг следует применять специальные эмульсии, наносимые на кромки перед сваркой.

Цилиндрическую часть цистерны изготавливают из одного листа. Лист с пламенно обработанными кромками устанавливают на роликовом стенде, стыковые швы полотнища собирают на прихватках с постановкой вводных и выходных планок. Сварщик выполняет сварку продольного шва.

По завершении операции производят подготовку обечайки под сборку с днищем: зачищают места прихватки технологических планок.

Устройство работает следующим образом.

Днище помещают на стол 11 при заторможенном кольце 12 относительно станины 1 и относительно направляющих 4. Включением привода 2 посредством конической передачи 24 и винтов 25 перемещают толкатели днища 3 по направляющим 4 до прикосновения толкателей к наружной поверхности цилиндрической части днища.

При этом наклонные опоры 9, перемещаясь в направляющих, поднимают стол 11 с помещенным на нем днищем 20 и при помощи пружин 10 упирают днище 20 в нижние упоры 19. На упоры 21 торцом помещают обечайку 22. Растормаживают кольцо 12 относительно направляющих 4 тормозом 17. Включением привода 2 поворачивают направляющие 4 относительно кольца 12. При этом шатуны 13 толкают штоки 16, которые с помощью клиновых блоков 7 поворачивают подпружиненные рычаги вокруг осей, закрепленных на толкателях 3 днища, и толкатели обечайки 5, воздействуя на наружную поверхность обечайки, совмещают кромки обечайки с кромками днища. Включают тормоз 17 и выключают тормоз 18- кольцо 12 растормаживают относительно станины 1. Включением привода 2 вращают изделие в процессе постановки прихваток. Включают тормоз 18. Переключают привод 2 и разводят толкатели 3 днищ, освобождая изделие. Пружины 6 устанавливают толкатели 5 обечаек в начальное положение относительно толкателей 3 днища [16].

После выполнения кольцевого шва, развернуть и установить на роликовый стенд, к которому в последующем с помощью специального захвата днище в вертикальном положении установкой подводят второе днище. И в том же порядке продельывают сборку и сварку.

После чего переходят к приварке люка.

3.2 Нормирование технологического процесса

Нормирование – это определение времени на выполнение какого-либо процесса. Под технически обоснованной нормой времени понимается, установленное для определенных организационно-технических условий время на выполнение заданной работы, исходя из рационального использования средств производства и с учетом передового производственного опыта. Технически обоснованные нормы времени являются основой правильного решения вопросов разделения труда, организации и обслуживания рабочих

мест, проектирования передовых методов труда, оценки его эффективности и организации систем материального стимулирования.

Нормирование полуавтоматической сварки в среде защитного газа проводим в соответствии с методикой, изложенной в [17].

Неполное штучное время ($T_{шт}$) на 1 м шва при сварке в нижнем положении в стационарных условиях и рассчитано по формуле:

$$T_{шт} = (T_o + T_{всп}) \cdot 2 \cdot K, \text{ мин} \quad (2)$$

где T_o – основное время, мин;

$T_{всп}$ – вспомогательное время, связанное со сваркой шва, мин; складывается из множеств времени на определённые операции: на зачистку сварного шва от окисной пленки после каждого прохода равный 0,33 мин; на осмотр и промер шва равный 0,2 мин; на подтягивание проводов, откусывание и удаление остатков проволоки, подачу проволоки в головку полуавтомата и смену кассет равный 0,25 мин; на обмазку раствором поверхности металла околошовной зоны равный 0,35 мин; на зачистку околошовной зоны от брызг наплавленного металла равный 0,34 мин; на зачистку и обезжиривание перед сваркой равный 0,18 мин.

Таким образом, вспомогательное время, связанное со сваркой шва равно 1,65 мин.

K - коэффициент к оперативному времени, учитывающий время на обслуживание рабочего места, время на отдых и личные потребности.

Неполное штучное время, рассчитано на сварку изделий с одной стороны.

При сварке симметричных стыков изделий с двух сторон время, приведенное в картах, следует удваивать.

Основное время сварки на полуавтоматическую и ручную дуговую сварку по формуле:

$$T_o = \left(\frac{F_1 \cdot \gamma \cdot 60}{I_1 \cdot \alpha_n} + \frac{F_n \cdot \gamma \cdot 60}{I_n \cdot \alpha_n} \right) \cdot 2, \text{ мин} \quad (3)$$

где F_1 – площадь поперечного сечения шва для первого прохода, мм^2 , равное 10 мм^2

F_n – площадь поперечного сечения шва для последующих проходов, мм^2 , равное $27,2 \text{ мм}^2$

I_1 – сила сварочного тока для первого прохода, А, равно 300 А ;

I_n – сила сварочного тока для последующих проходов, А, примем равное 360 А ;

α_n – плотность наплавленного металла, г/см^3 , Значение коэффициента плотности наплавленного металла для высоколегированной стали равно $7,84 \text{ г/см}^3$;

γ – коэффициент наплавки, $\text{г/А} \cdot \text{ч}$, Значение коэффициента наплавки металла для высоколегированной стали при сварке плавящимся электродом равно $12 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$;

Количество проходов для многопроходных швов на полуавтоматическую дуговую сварку по формуле:

$$n = \frac{F - F_1}{F_2} + 1, \text{ шт} \quad (4)$$

где F – общая площадь поперечного сечения шва, $37,2 \text{ мм}^2$;

F_1 – площадь поперечного сечения шва первого прохода, мм^2 , равное 10 мм^2

F_2 – площадь поперечного сечения шва второго и последующих проходов, мм^2 , равное $27,2 \text{ мм}^2$

Коэффициент, учитывающий время на обслуживание рабочего места, на отдых и личные потребности, рассчитывается по формуле:

$$K = 1 + \frac{a_{\text{обс}} + a_{\text{отд}}}{100}, \quad (5)$$

где $a_{\text{обс}}$ – время на обслуживание рабочего места, которое включает следующие операции:

- включение, регулирование и выключение источников питания;
- подготовка автомата, полуавтомата к работе и уборка в конце смены;

- устранение мелких неполадок и обеспечение исправного состояния оборудования;
- поддержание заданного режима в процессе работы;
- включение, регулирование и выключение подачи защитных газов и воды;
- уборка рабочего места.

$a_{\text{отд}}$ – время на отдых и личные потребности.

Время на обслуживание рабочего места, на отдых и личные потребности включено в процентах от основного времени в следующих размерах:

- на автоматическую сварку 15 %;
- на полуавтоматическую 12 %;
- на ручную 10 %.

Норма штучного времени рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ни}} \cdot L + T_{\text{ви}}) \cdot K_{1-n}, \text{ мин} \quad (6)$$

где L – длина шва, м;

$T_{\text{ви}}$ – вспомогательное время, связанное с изделием и типом оборудования, которое включает затраты: на клеймение шва равное 0,21 мин, на крепление равное 0,5 мин, на перемещение равное 4,23 мин, на установку, снятие и поворот изделий 4,7 мин, на перемещение сварщика в процессе работы 0,34 мин;

Таким образом вспомогательное время связанное с изделием и типом оборудования равно 9,98 мин.

Вспомогательное время, приведенное в картах, дано с учетом времени на обслуживание рабочего места, на отдых и личные потребности.

K_{1-n} – поправочные коэффициенты на измененные условия работы, принимать равным 1,06, так как сварка ведётся с помощью лестниц или лесов.

Длина кольцевого стыка в зависимости от его диаметра, определяется по формуле:

$$L = \frac{\pi \cdot D}{100} \cdot 2, \text{ мм} \quad (7)$$

Норма времени на сварку детали рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{ср}} = T_{\text{ум}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \text{ мин} \quad (8)$$

где $T_{\text{пз}}$ – подготовительно-заключительное время, которое включает затраты времени на получение задания и сварочного материала, ознакомление с работой, получение и сдачу инструмента и приспособлений, подготовку оборудования и приспособлений к работе, настройку автомата или полуавтомата на заданный режим, установление и опробование режимов сварки, сдачу работы, мин;

Таблица 14 – Подготовительно-заключительное время ($T_{\text{пз}}$) включающее все этапы реализации проекта [17]

Подготовительно-заключительное время ($T_{\text{пз}}$)		
Номер позиции	Наименование работы	Способ подачи защитного газа
		от баллона
		Категория сложности работы
		сложная
		Время, мин
1	Получение задания, документации, инструктажа от мастера, получение инструмента и его сдача	6
2	Ознакомление с работой	6
3	Установка, настройка и проверка режимов	3
4	Подготовка рабочего места в начале и в конце смены	10
5	Сдача работы	3
6	Итого	28

n – количество деталей в партии, шт, примем равную 1.

По формуле 3 было найдено основное время сварки на полуавтоматическую и ручную дуговую сварку:

$$T_o = \left(\frac{10 \cdot 12 \cdot 60}{300 \cdot 7,84} + \frac{27,2 \cdot 12 \cdot 60}{360 \cdot 7,84} \right) \cdot 2 = (3,1 + 6,9) \cdot 2 = 20 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание рабочего места, на отдых и личные потребности включено в процентах от основного времени в следующих размерах на полуавтоматическую – 12 %, следовательно:

$$a_{\text{обс}} + a_{\text{отд}} = 2,4 \text{ мин.}$$

По формуле 5 был найден коэффициент, учитывающий время на обслуживание рабочего места, на отдых и личные потребности:

$$K = 1 + \frac{2,4}{100} = 1,024.$$

По формуле 2 было найдено неполное штучное время ($T_{\text{шт}}$) на 1 м шва при сварке в нижнем положении в стационарных условиях:

$$T_{\text{шт}} = (20 + 1,65) \cdot 2 \cdot 1,024 = 44,3 \text{ мин.}$$

По формуле 4 было найдено количество проходов для многопроходных швов на полуавтоматическую дуговую сварку:

$$n = \frac{37,2 - 10}{27,2} + 1 = 2 \text{ шт.}$$

По формуле 7 рассчитаем длину двух кольцевых стыков:

$$L = \pi \cdot 1600 \cdot 2 = 10053 \text{ мм,}$$

где D – диаметр кольцевого стыка, мм.

Длина продольного шва равна 1420 мм.

Длина всех стыковых швов равна соответственно:

$$L = 1420 + 10053 = 11473 \text{ мм} = 11,473 \text{ м.}$$

По формуле 6 была найдена норма штучного времени:

$$T_{\text{шт}} = (44,3 \cdot 11,473 + 9,98) \cdot 1,06 = 549 \text{ мин} = 9,15 \text{ ч.}$$

По формуле 8 была найдена норма времени на сварку детали:

$$H_{\text{сп}} = 549 + \frac{28}{1} = 577 \text{ мин} = 9,62 \text{ ч.}$$

3.3 Подогрев и термообработка после сварки

Наилучшие свойства могут быть получены при «подстуживании» примерно до 120—100° С после сварки с температур сопутствующего подогрева, выдержке при этих температурах ~2 ч (для завершения распада аустенит-мартенсит, без образования трещин) и посадке в печь всего изделия на термообработку.

Такие же результаты могут быть получены, если при температуре 100—120°С дать металлу в районе сварных соединений «отдых» (изотермическую выдержку) в течение ≥ 10 ч. Тогда изделие может быть охлаждено далее до комнатной температуры и вылеживаться до термообработки в течение достаточно длительного времени. Трещин после такого отдыха не наблюдается, а структура и свойства после термообработки — отпуска получаются оптимальными.

Сварные соединения сталей разных структурных классов (толщиной не более 10 мм), термической обработке не подвергаются. Сварные соединения сталей одного структурного класса, но разного легирования подвергаются термообработке.

В сварных соединениях перлитных сталей с 12 % -ной хромистой корневые слои в связи с обогащением их хромом имеют повышенную твердость. Проведение отпуска выравнивает ее по сечению многослойного шва, однако, и в этом состоянии твердость корневых слоев на 10 – 15 НВ превышает значения для верхних слоев шва. Исходя из неизбежности значительной подкалки корневых слоев шва и ОШЗ 12 % -ной хромистой стали режим подогрева при сварке таких комбинированных узлов следует выбирать по высоколегированной составляющей.

Выбор режима термообработки также должен производиться в соответствии с требованиями к сварным соединениям 12 % -ной хромистой стали. Если имеется опасность развития диффузионных прослоек, то температура отпуска должна быть снижена. При изготовлении

крупногабаритных сварных конструкций из этих сталей можно в отдельных случаях рекомендовать замену отпуска нормализацией. Так как перлитная и высокохромистая стали имеют разные коэффициенты линейного расширения, то остаточные сварочные напряжения термообработкой не снимаются. В связи с этим необходимо учитывать возможные деформации конструкции после отпуска. В комбинированных сварных конструкциях из перлитной стали с высокохромистой влияние остаточных сварочных напряжений на прочность может не учитываться [18].

3.4 Основные дефекты, возникающие в процессе сварки и меры борьбы с ними

При сварке сталей мартенситного класса часто образуются холодные трещины. Причинами образования холодных трещин являются: высокая твердость и низкая деформационная способность металла, имеющего мартенситную структуру; появление деформаций при сварке; длительное воздействие высоких остаточных и структурных напряжений в сварном соединении после сварки; наличие водорода в металле шва. Холодные трещины в основном образуются на последней стадии непрерывного охлаждения при температуре 100°C и ниже. Крупнозернистый металл как сварных швов, так и зоны термического влияния склонен более к образованию трещин, чем мелкозернистый металл. Рост зерна предупреждают следующими способами: модифицируют металл сварных швов титаном, применяют более жесткие режимы сварки с меньшей погонной энергией. Оба способа, снижающие рост зерна, уменьшают образование холодных трещин. При сварке мартенситных сталей увеличение жесткости свариваемых изделий повышает вероятность образования трещин. Это проявляется в большей степени тогда, когда закаленный металл обладает меньшей, деформационной способностью.

Меньшей деформационной способностью обладает тот закаленный металл, который имеет большее содержание углерода. Так, например, сварка в

углекислом газе без предварительного подогрева в изделиях небольшой жесткости не вызывает трещин при толщине металла у сталей 08X13 до 18 мм, 12X13 до 10–12 мм и 20X13 до 8–10 мм.

Образование трещин при сварке устраняют применением предварительного и сопутствующего подогрева изделия. Для хромистых сталей мартенситного и мартенситно-ферритных классов применяют общий или местный подогрев изделия до температуры 200–450°C. Температуру подогрева повышают с увеличением склонности стали к закалке, которая возрастает с увеличением содержания углерода в сталях и жесткости изделия. Можно и даже предпочтительней не нагревать металл до температур, вызывающих повышение хрупкости, а ограничивать температуру сопутствующего подогрева при сварке; например, для стали 08X13 такой температурой оказывается 100–120°C. Верхний предел сопутствующего подогрева необходимо ограничивать переходом стали к отпускной хрупкости и синеломкости, т. е. температурой для различных сталей в интервале 200–250°C.

При сопутствующем подогреве весьма опасны резкие охлаждения подогретой детали, так как при этом могут появляться трещины. Поэтому для улучшения структуры и свойств необходим высокий отпуск. Однако термообработка не может выполняться отдельно от сварки. Если непосредственно после сварки остудить изделие до комнатных температур, то образуется мартенситная структура. Последующий высокий отпуск приведет к получению хорошей сорбитной структуры. Но за периоды охлаждения при температурах ниже 100°C и вылеживания изделия до начала термообработки в сварных соединениях будут образовываться трещины с выходом на поверхность и внутренние надрывы размером 1–4 мм, которые впоследствии могут получить развитие [19].

3.5 Методы неразрушающего контроля

Все сварные конструкции, такие как ёмкости или сосуды и их элементы должны быть подвержены визуальному и измерительному контролю. Чтобы определить наличие таких дефектов:

- все виды трещин и различные их направления;
- поверхностные дефекты шва такие как: свищи и пористости;
- подрезы;
- наплывы, прожоги и незаплавленные кратеры;
- смещение и увод обеих кромок свариваемых элементов свыше допустимых норм;
- непрямолинейность соединяемых элементов;
- несоответствие формы и размеров швов требованиям технической документации.

Перед проведением визуального осмотра сам шов и прилегающие поверхности должны быть отчищены от шлака и разного рода загрязнений на величину равную 20 мм в две стороны от сварного шва [20].

Контролю внешним осмотром обычно подвергают 100% выполненных швов. Внешние дефекты, такие, как трещины, наплывы, прожоги, незаваренные кратеры, свищи в начале шва (зажигание дуги на основном металле), выводы кратера на основной металл, сплошные сетки или цепочки пор, непровары, подрезы — не допускаются [21].

Глубину залегания недопустимых дефектов определяют методом ультразвукового контроля, позволяющего более точно зафиксировать место положения дефекта по толщине шва. Наличие скоплений и цепочек пор на рентгеновских снимках после окончательного просвечивания определяют по результатам послойного ультразвукового контроля. Для сварных швов этих толщин, выполненных плавящимся электродом в среде защитных газов, недопустимы следующие дефекты:

1) трещины, несплавления, незаплавленные кратеры, цепочки и скопления пор, наплывы;

2) поры и включения диаметром более 3 мм, поры и включения диаметром менее 3 мм при суммарной площади их изображения на снимке, составляющей более 2% по отношению к площади шва на любые 100 мм снимка.

Поры и включения, расположенные на глубине менее 5 мм, исправлению не подлежат, так как они переплавляются при наложении последующих валиков.

Браком считают детали, в которых при ультразвуковом контроле обнаружены следующие дефекты:

1) с эквивалентной площадью более 4 мм^2 при контроле слоя толщиной 40 мм и более 7 мм^2 при контроле слоя толщиной 200 м;

2) с условной протяженностью более 10 мм при глубине залегания дефектов до 40 мм и более 15 мм при глубине 40–150 мм.

Допускаются дефекты с эквивалентной площадью менее 4 мм при суммарной площади менее 2% площади на любых 100 мм длины, не носящие протяженного характера.

Контроль ультразвуком производится с применением существующего для этих целей оборудования – УЗД-3М, ДУГ-11ИМ и ДУГ-13ИМ и др. [22].

3.6 Выводы по разделу

Результатом выполнения данного раздела является разработанная технология сборки и механизированной сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа цистерны объемом 5 м^3 с толщиной стенки 8 мм изготавливают из стали коррозионно-стойкой жаропрочной 08X13 и в последующем приваривают люк из стали конструкционной углеродистой обыкновенного качества СтЗпс.

Произведен подбор параметров режима для полуавтоматической дуговой сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа, при помощи которых можно осуществить сварку данной конструкции, обеспечивая при этом полное проплавление, благоприятное формирование сварного шва и равнопрочность сварного соединения.

Определены режимы подогрева сварных соединений до сварки, так как цистерна изготовлена из теплоустойчивой стали, которая ввиду своей ограниченной свариваемости должна подвергаться подогреву перед проведением сварочных работ.

Выбраны сварочные материалы и приспособление, которое автоматизирует процесс изготовления цистерны. Определена схема сборки и сварки с учетом термообработки до сборки и сварки и после сварки. Приведены методы контроля выполненного сварных соединений.

Однако до начала производственных работ по рассчитанным и назначенным режимам требуется проверка их на практике.

Приложение А является комплектом технологической документации на изготовление конструкции, разработанный в связи с вышперечисленными требованиями.

Приложение Б представляет собой чертёж установки для сварки днища с обечайкой.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа по теме «Особенности сварки листов из разнородных сталей» выполняется в рамках выпускной квалификационной работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники организации. Суть работы заключается в исследовании и разработке процесса полуавтоматической дуговой сварки плавящимся электродом в углекислом газе.

Потенциальными потребителями технологии дуговой сварки листов из разнородных сталей могут выступать промышленные предприятия (производство продуктов питания, химических веществ), объекты жилищно-коммунальной сферы, лаборатории. Сегментирование рынка проводится по сфере использования и по размеру компании-заказчика. Карта сегментирования приведена в таблице 15.

Таблица 15 – Сегментирование рынка

		Сфера использования		
		Промышленные предприятия	Объекты ЖКХ	Лаборатории
Размер организации	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

В приведённой карте сегментирования показано, что для реализации разработки подходят мелкие и средние предприятия пищевой и химической промышленности, лаборатории и мелкие объекты ЖКХ. По карте сегментирования видно, что у всей выпускаемой продукции есть свой целевой потребитель, не зависимо от размера предприятия.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения [23].

Сварка листов из разнородных сталей, с помощью которой производятся неразъёмные соединения из сталей, различающиеся по своим свойствам, соответствует таким критериям, как:

- надежность, способность сварного соединения подвергаться агрессивному воздействию в процессе эксплуатации, сохраняя требуемые функции в заданных условиях, т.е. сварка позволяет обеспечить требуемую коррозионную стойкость неразъёмного соединения;
- быстрота выполнения сварочных швов, так как данное изделие имеет сравнительно большие размеры и протяженные швы. То наиболее целесообразно для протяженных кольцевых и продольных швов применять полуавтоматическую дуговую сварку плавящимся электродом в углекислом газе;
- постоянство химического состава металла шва, такая технология позволяет уменьшить угар элементов и в значительной мере предотвратить загрязнение металла шва оксидными и нитридными включениями, надежная защита сварочной зоны от атмосферного воздействия путём использования защитного газа;
- невысокая стоимость, в сравнении с другими видами и способами создания неразъёмных соединений;
- перспективность рынка, в современной промышленности конструкции из таких материалов имеют широкое применение. Они необходимы там, где их отдельные детали работают в разных условиях – при разных знакопеременных нагрузках, уровнях температур и

агрессивности сред, абразивного износа, давления и т. д. Сварка разнородных сталей используется в: ракетостроении, судостроении, энергетике (атомная, тепловая), радиоэлектроники, машиностроении, в криогенных установках и т. д.;

– конкурентоспособность, современные тенденции ресурсосбережения диктуют жесткие условия для разработки конструкции оптимальной как с точки зрения надежности, так и с точки зрения экономической эффективности. Данное обстоятельство, в свою очередь, приводит к необходимости все более частого и широкого применения разнородных сварных соединений.

Критерии оценки сварки разнородных сталей указаны в таблице 16.

Таблица 16 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надежность	0.1	3	4	3	0.5	0.2	0.3
2. Быстрота выполнения сварочных швов	0.2	5	3	4	1	0.2	1
3. Постоянство химического состава металла шва	0.1	5	4	3	0.5	0.3	0.1
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки							
1. Цена	0.05	5	5	4	0.25	0.25	0.25
2. Перспективность рынка	0.1	5	5	4	0.5	0.5	0.3
3. Конкурентоспособность	0.25	5	5	3	1.25	0.5	1
Итого	1	28	26	21	5	2.35	3.75

где сокращения: Б_ф – Полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в среде CO₂; Б_{к1} – Сварка неплавящимся электродом в аргоне; Б_{к2} – Ручная дуговая сварка.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с

учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации [23].

Анализ конкурентных технических решений определили по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (9)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

По результатам расчета видно, что предложенный метод, конкурентоспособен, по сравнению с аналогичными видами сварки. Наибольшие преимущества наблюдаются в сфере, быстроты выполнения сварочных швов, постоянстве химического состава металла шва, цене и конкурентоспособности.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [23].

SWOT-анализ используется для определения слабых и сильных сторон проекта, таблица 17.

Таблица 17 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
<p>С1. Данные методы все больше и больше изучаются, дорабатываются;</p> <p>С2. Методы, описанные в работе, несут в себе экономичность и ресурсоэффективность;</p> <p>С3. Актуальность и высокая технологичность методов;</p> <p>С4. Наличие опытного руководителя.</p>	<p>В1. Нетрудоемкая адаптация научного исследования под иностранные языки;</p> <p>В2. Большой потенциал применения метода в России;</p> <p>В3. Публикации о проекте в тематических журналах.</p>

Продолжение таблицы 7

Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данным методом сварки; Сл2. Дороговизна и сложность оборудования для проведения экспериментов; Сл3. Значительные временные и интеллектуальные затраты	У1. Отсутствие спроса на оборудование; У2. Отказ от технической поддержки проекта после внедрения; У3. Нехватка финансирования.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить. Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 18 и таблице 19.

Таблица 18 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

	Сильные стороны				Слабые стороны			
		С1	С2	С3	С4	Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	В1	0	0	+	+	-	0	0
	В2	+	+	+	+	+	+	+
	В3	+	+	+	0	-	+	+

Таблица 19 – Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

	Сильные стороны				Слабые стороны			
		С1	С2	С3	С4	Сл1	Сл2	Сл3
Угрозы проекта	У1	+	+	+	-	-	-	-
	У2	+	+	+	-	-	+	-
	У3	+	+	+	-	-	-	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей или слабых сторон и возможностей:

- В2В3С1С2; В1В2В3С3; В1В2С4.
- В2В3Сл2Сл3; В2Сл1.
- У1У2У3С1С2С3.
- У2Сл2.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в таблице 20.

Таблица 20 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Методика сварки разнородных сталей в данной работе является эффективной;</p> <p>С2. Метод сварки, описанный в работе, несет в себе экономичность и ресурсоэффективность;</p> <p>С3. Доступность оборудования;</p> <p>С4. Актуальность методики сварки;</p> <p>С5. Наличие опытного руководителя.</p>	<p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей спроса на методику сварки</p> <p>Сл2. Отсутствие прототипа научной разработки.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Простая адаптация научного исследования под иностранные языки;</p> <p>В2. Большой потенциал применения метода сварки в России и других странах</p>	<p>В1С1С3С4С5. Возможность участия в международных конференциях для привлечения интереса к разработке на международном уровне</p> <p>В2С1С2С3С4. Апробация результатов исследования на заводах изготовителях цистерн из разнородных сталей</p>	<p>В2Сл2. Возможность стать единственным поставщиком исследуемого решения для заводов изготовителей</p>

Продолжение таблицы 20

<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на проведение данных исследований.</p>	<p>У1С3. Упор на модернизацию и повышение эффективности существующих процессов сварки</p>	<p>У1Сл1. Проведение ряда опросов, ориентированных на определение нужд и предпочтений в исследуемом проекте для потенциальных потребителей У1Сл.2. Разработка комплексных мер по предупреждению возможных рисков, связанных с внедрением проектного решения на предприятиях изготовителях, и их презентация</p>
--	---	---

В результате проведения SWOT анализа были выявлены основные проблемы, с которыми сталкивается или может столкнуться в будущем предприятие, применяя полуавтоматическую сварку плавящимся электродом в среде CO₂. Самой большой угрозой для проекта является отсутствие финансовой поддержки для проведения сварки из разнородных сталей.

Относительно слабых сторон, то для данного метода сварки требуется привлечение опытных и квалифицированных специалистов и обеспечение обучения нового персонала.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Прежде чем начать работу над проектом, необходимо провести планирование этапов работы, обозначив при этом занятость каждого из участников, а также привести сроки выполнения каждого этапа. Структура работ и распределение занятости исполнителей приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Инженер
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение установки	
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Руководитель, инженер
	10	Вывод по цели	

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоёмкость выполнения исследования оценивается экспертным путём в силу вероятностного характера величины. За единицу измерения трудоёмкости принимаются человеко-дни. Ожидаемая трудоёмкость рассчитывается по формуле:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (10)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы человеко-дней;
 $t_{\min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человеко-дней;

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{Pi} = \frac{t_{ож i}}{ч_i}, \quad (11)$$

где T_{Pi} – продолжительность одной работы, рабочих дней;

$t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дней;

$ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, человек.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [23].

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{Pi} \cdot k_{кал}, \quad (12)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{Pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (13)$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1.47$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу (табл. 22). После заполнения таблицы 22 строим календарный план-график (табл. 23).

График строится для максимального по длительности исполнения работ, в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

1. Полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в среде CO_2 – Исп.1
2. Сварка неплавящимся электродом в аргоне – Исп.2
3. Ручная дуговая сварка – Исп.3

Таблица 22 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в рабочих дня T_{ki}		
	t_{min} , человеко-дни			t_{max} , человеко-дни			$t_{ожі}$, человеко-дни				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель–инженер	1	1	1	2	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Инженер-руководитель	1	1	1	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель	1	2	2	2	3	3
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Инженер	10	10	10	15	15	15
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Инженер -руководитель	3	4	4	5	6	6
Изучение результатов	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Инженер	2	3	3	3	5	5
Проведение расчётов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Инженер	7	8	8	10	11	11
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Инженер -руководитель	2	2	2	3	3	3
Вывод по цели	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Инженер	3	3	3	4	4	4

Таблица 23 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кол- во дней	Продолжительность выполнения работ										
				Март			Апрель			Май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение проекта	Руководитель	3	■										
2	Анализ актуальности темы	Руководитель – инженер	2	■	■									
3	Поиск и изучение материала по теме	Руководитель	2		■									
4	Выбор направления исследований	Руководитель	2			■								
5	Календарное планирование работ	Руководитель	3			■								
6	Изучение литературы по теме	Инженер	15				■							
7	Подбор нормативных документов	Инженер - руководитель	5					■	■					
8	Изучение установки	Инженер	6						■					
9	Моделирование установки	Инженер	3							■				
10	Изучение результатов	Инженер	3									■		
11	Проведение расчётов по теме	Инженер	10										■	
12	Анализ результатов	Инженер - руководитель	2										■	■
13	Вывод по цели	Инженер	1											■

■ - Инженер; ■ - Руководитель

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ обеспечиваем полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета используем следующие группировки по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы;
- формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта [23].

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i}, \quad (14)$$

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

$N_{расх\ i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы [23].

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

В таблице 24 представлена стоимость материалов, используемых при разработке проекта.

Таблица 24 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	Лист	150	100	130	2	2	2	34 5	23 0	16 9
Картридж для принтера	Штук	1	1	1	10 00	100 0	10 00	11 50	11 50	11 50
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	35 0	350	35 0	40 2.5	40 2.5	40 2.5
Сварочная проволока	кг	0.5	0.5	0.5	80	80	80	13 0	13 0	10 0
Используемые газы	литр	1	1	1	12	12	12	28	31	0
Итого								2056	1944	1822

4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме [23].

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 25 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования			Цена за единицы оборудования, руб.			Общая стоимость оборудования, тыс руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Источник питания	1	-	-	530	-	-	530	-	-
Итого								530	-	-

На оборудование, стоимостью выше 40 тыс. руб. следует рассчитать амортизацию.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (14)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot T_{\text{обі}}, \quad (15)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

$T_{\text{обі}}$ – время использования, мес.

Рассчитаем амортизацию для источника питания, с учётом, что срок полезного использования 10 года:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{10} = 0.1$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot T_{\text{обі}} = \frac{0,1 \cdot 530000}{12} \cdot 4 = 17667 \text{ рублей}$$

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и магистра (инженера), а также премии, входящие в фонд заработной платы.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИТ, и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (16)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (17)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 27);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (18)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11.2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10.4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 26 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365

Продолжение таблицы 26

Количество нерабочих дней	66	118
Потери рабочего времени на отпуск	56	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{окл} \cdot k_p, \quad (19)$$

где $Z_{окл}$ – оклад, руб.;

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

Научный руководитель имеет должность доцента и степень кандидата технических наук, его оклад составляет 35 111.5 руб. Оклад инженера составил 22 695.68 руб.

Полученные значения при расчетах представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{окл}$, руб.	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	35 111.5	1.3	45 644.95	19 53.52	11	21 488.72
Инженер	22 695.68		29 504.38	1 481.83	70	103 728.1
Итого $Z_{осн}$						125 216.82

4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн}, \quad (20)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0.12 – 0.15).

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 28.

Таблица 28 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$, руб	$Z_{\text{доп}}$, руб
Научный руководитель	0.12	21 488.72	2 578.64
Инженер		103 728.1	12 447.37
Итого			15 026.01

4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (21)$$

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

Для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2022 году, водится пониженная ставка – 30%.

Таблица 29 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	21 488.72	103728.1
Дополнительная заработная плата, руб.	2 578.64	12447.37
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Сумма отчислений	7 220.20	43 565.8
Итого	50 786	

4.3.5 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (22)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны:

$$Z_{\text{накл}} = 210673.83 \cdot 0.16 = 33707.8 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости научного исследования по форме, приведенной в таблице 30.

Таблица 30 – Расчет бюджета затрат НИИ при полуавтоматической сварки в CO_2

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	2056
2. Затраты на амортизацию оборудования.	17667
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	125 216.82
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15 026.01
5. Отчисления во внебюджетные фонды	50 786
6. Накладные расходы	33720.3
7. Бюджет затрат НИИ	244472.13

4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основной для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку. Данные бюджета затрат НИИ приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	2056	1944	1822
2. Затраты на амортизацию оборудования	17667	3833.3	460
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	125 217	125 217	125 217
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15 026	15 026	15 026
5. Отчисления во внебюджетные фонды	50 786	50 786	50 786
6. Накладные расходы	33720.3	31489	30929.8
7. Бюджет затрат НТИ	244472.13	228295.3	224240.8

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождения связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности [23].

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин пр}}^{\text{исп. } i} = \frac{\Phi_{p i}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (23)$$

где $I_{\text{фин пр}}^{\text{исп. } i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{p i}$ – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{фин пр}}^{\text{исп. } 1} = \frac{244472.13}{244472.13} = 1; \quad I_{\text{фин пр}}^{\text{исп. } 2} = \frac{228295.3}{244472.13} = 0.93; \quad I_{\text{фин пр}}^{\text{исп. } 3} = \frac{224240.8}{244472.13} = 0.92$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (24)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a^i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b^i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспериментальным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл.32).

Таблица 32 – сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп. 2	Исп.3
1. Сварочный материал	0.25	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации	0.25	5	2	3
3. Используемые газы	0.15	4	4	4
4. Модернизация установки	0.35	4	5	5
Итого	1	4.5	3.15	3.8

$$I_{p-исп.1} = 5 \cdot 0.25 + 5 \cdot 0.25 + 4 \cdot 0.15 + 4 \cdot 0.35 = 4.5$$

$$I_{p-исп.2} = 3 \cdot 0.25 + 2 \cdot 0.25 + 4 \cdot 0.15 + 5 \cdot 0.35 = 3.15$$

$$I_{p-исп.3} = 4 \cdot 0.25 + 3 \cdot 0.25 + 4 \cdot 0.15 + 5 \cdot 0.35 = 3.8$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{фин. i}}, \quad (25)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4.5}{1} = 4.5; \quad I_{исп.2} = \frac{3.15}{0.93} = 3.39; \quad I_{исп.3} = \frac{3.8}{0.92} = 4.1.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки, позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. табл.33) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}) [23]:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}} \quad (26)$$

Таблица 33 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0.93	0.92
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.5	3.15	3.8
3	Интегральный показатель эффективности	4.5	4.39	4.1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0.75	0.91

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

4.5 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В данном разделе был выполнен анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения выпускной квалификационной работы – особенности сварки листов из разнородных сталей, путём полуавтоматической сварки плавящимся электродом в среде CO_2 . Были проанализированы слабые и сильные стороны работы, способы устранения их и использования для продвижения исследовательской работы. Был проведен прогноз внешних угроз и возможностей, учитывая которые можно повысить конкурентоспособность

данного проекта. В данном разделе было произведено распределение обязанностей по научно-исследовательской работе и рассчитано время, необходимое для выполнения работы. Также был сформирован бюджет затрат НИИ, который составил 244472,13руб.

По факту оценки эффективности исследовательской работы, можно сделать выводы:

1. Значение интегрального финансового показателя составляет 1;
2. Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,5 по сравнению с 3,15 и 3,8;
3. Значение интегрального показателя эффективности составляет 4,5 по сравнению с 4,39 и 4,1 и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в данной работе, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

По произведенному анализу видим, что полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в среде CO_2 – является эффективным методом для сварки разнородных сталей и способна занять свое место на рынке. Данный метод при правильном продвижении и учете внешних и внутренних факторов, может составить сильную конкуренцию имеющимся методам сварки разнородных сталей.

5 Социальная ответственность

Введение

В настоящее время автоматизация производственных процессов является неотъемлемой частью в полноценно функционирующих промышленных системах. Актуальность автоматизации процессов с каждым годом всё возрастает, поскольку она позволяет в значительной степени ускорить не только процесс производства продукции, но и повлиять на процессы её стандартизации и сертификации, обойти стороной которые не представляется возможным в условиях современного конкурентного рынка.

Цель магистерской диссертации – изучение особенности сварки листов из разнородных сталей. Потенциальными потребителями технологии дуговой сварки листов из разнородных сталей могут выступать промышленные предприятия (производство продуктов питания, химических веществ), объекты жилищно-коммунальной сферы, лаборатории. Объектом исследования является разработка технологии дуговой сварки листов из разнородных сталей. Рабочим местом является отдельное помещение.

Целью раздела является принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи в производстве, и снижение вредных воздействий на окружающую среду при разработке технологии сварки разнородных сталей, а также разработка охранных мероприятий, направленных на предотвращение негативного воздействия на здоровье людей. Также в главе рассматриваются: создание безопасных условий труда в соответствии с санитарно–гигиеническими нормами, варианты действий в случае чрезвычайных ситуаций, а также предпринимаемые меры для охраны окружающей среды.

Порядок работы и организация должны соответствовать общепринятым и специальным требованиям техники безопасности, эргономики, нормам санитарии, экологической и пожарной безопасности. Данной тематике посвящены следующие главы.

5.1 Анализ выявленных вредных факторов

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего человека в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. При анализе рабочего места были выявлены следующие вредные производственные факторы:

- нарушение уровня микроклимата в помещении;
- освещенность рабочей зоны;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- превышение уровней шума;
- ультразвук (при использовании УЗ дефектоскопа).

5.1.1 Микроклимат в помещении

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах ГОСТ Р 2.2.2006-05.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны отвечать ГОСТ 12.1.005-88. Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости перемещения воздуха приведены в таблице 34 [24].

В помещениях, предназначенных для работы с компьютерной техникой должны соблюдаться определенные допустимые параметры микроклимата в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88. Эти параметры устанавливаются в

зависимости от времени года, характера трудового процесса и производственного помещения, покажем наглядно допустимые значения микроклимата в таблице 34.

Работа за компьютером относится к категории работ I_a с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением [24].

Таблица 34 – Допустимые параметры микроклимата

Температура воздуха, °С	Скорость движения воздуха, м/с	Относительная влажность воздуха, %
15-28	$\leq 0,5$	20-80

Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) должна составлять не менее 6 м^2 , в помещениях культурно-развлекательных учреждений и с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) - $4,5\text{ м}^2$ по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. В нашем случае кабинет имеет размеры $7 \times 6 \times 3,5$ м, в таком случае общая площадь нашего рабочего помещения 42 м^2 , объём составляет 147 м^3 .

Теперь последовательно рассмотрим в качестве параметров микроклимата: температуру, влажность и скорость ветра.

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей температуры в холодное время года применяется водяное отопление (с нагревом воды до 100°C), а в теплый период года для обеспечения защиты от попадания прямых солнечных лучей применяются жалюзи.

В кабинете вентиляция осуществляется естественным способом, посредством окна и форточки в частности, а также дверного проёма, по зоне действия её можно квалифицировать как общеобменную. Недостатком данной системы является отсутствие очистки и подогрева поступаемого в кабинет воздуха. По нормам, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 объём воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть

более 40м^3 . В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 49м^3 , из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется.

5.1.2 Освещенность рабочей зоны

Освещение крайне важно для любого человека, так как 90% информации об окружающем мире человек получает именно от зрительного аппарата. Поэтому соблюдение правильного количества света на рабочем месте — это ключевая задача для обеспечения необходимой работоспособности трудящегося.

Человек при работе в условиях недостаточного освещения или освещения низкого качества может испытывать: усталость глаз, переутомление, головные боли. Все эти факторы приводят к снижению работоспособности рабочего.

Наша лаборатория подходит по классификации согласно СП 52.13330.2016 под категорию периодического наблюдения за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении, таком случае, используя систему общего освещения, освещенность должна быть не менее 200лк.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения (факел плазмы в камере с катализатором) применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. Согласно СП 52.13330.2016, рабочее место инженера должно освещаться как естественным, так искусственным освещением. Естественное освещение в нашем случае попадает в аудитории через большое окно в светлое время суток. Искусственное же освещение будет

обеспечено лампами и светильниками, установленными по нижеуказанным следующим расчётам.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности будем выполнять методом коэффициента светового потока, который учитывает световой поток, отражённый от потолка и стен. При работе с персональным компьютером в сочетании с нормативной работой и технической документацией согласно действующим нормам СП 52.13330.2016 для искусственного освещения регламентирована наименьшая допустимая освещённость, а для естественного и совмещенного определены коэффициенты естественной освещенности (КЕО).

Длина помещения $A = 7$ м, ширина $B = 6$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 0,8$ м. Согласно СП 52.13330.2016 необходимо создать освещенность не ниже 200 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы. Коэффициент отражения стен с окнами без жалюзи $R_c = 50$ %, потолка $R_{п} = 70$ %. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с средним выделением пыли равен $K_z = 1,8$, коэффициент неравномерности $Z=1,1$.

Рассчитаем систему общего люминесцентного освещения.

Площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 7 \cdot 6 = 42 \text{ м}^2, \quad (27)$$

где A – длина, м;

B – ширина, м.

Лампа дневного света ЛД-40 дает световой поток равный ФЛД = 2600 лм.

Выбираем светильник типа ОДОР-2-40, так как наша лаборатория является нормальным помещением с хорошим отражением потолка и стен с умеренной влажностью и запылённостью, $\lambda = 1,4$. Светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40 имеют две лампы мощностью 40

Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина 265 мм, высота 155мм.
Принимаем высоту подвеса светильника от уровня потолка $h_c = 0,2$ м.

Рассчитаем высоту подвеса светильника над расчетной поверхностью по формуле:

$$h = h_n - h_{pn}, \quad (28)$$

где h – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью;

h_{pn} – высота рабочей поверхности над полом (0,8м);

h_n – высота светильника над полом, высота подвеса.

$$h_n = H - h_c, \quad (29)$$

где H – наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОД (3,5м);

h_c – расстояние светильников от перекрытия, свес (0,2м).

Подставим известные значения в формулы 28 и 29, получим:

$$h_n = 3,5 - 0,2 = 3,3 \text{ м},$$

$$h = 3,3 - 0,8 = 2,5.$$

Определим расстояние между рядами светильников, используя соотношение:

$$L = \lambda \cdot h, \quad (30)$$

$$L = 1,4 \cdot 2,5 = 3,5 \text{ м}.$$

Рассчитаем количество рядов светильников при заданной ширине помещения $A = 7$ м:

$$n = \frac{A}{L}, \quad (31)$$

$$n = \frac{7}{3,5} = 2.$$

Получаем – 2 ряда.

Определим число светильников в одном ряду:

$$N_p = \frac{(B-2l)}{l_{св}}, \quad (32)$$

где $l_{св}$ – длина светильника, для светильника типа ОДОР-2-40- $l_{св} = 1,23$ м

$$N_p = \frac{(6-2 \cdot 1,23)}{1,23} = 2,8$$

Округляем значение светильников в ряду до 3-ех.

Таким образом, общее количество светильников будет равно:

$$N_{св} = N_p \cdot n, \quad (33)$$

$$N_{св} = 3 \cdot 2 = 6$$

Размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду можно установить 3 светильника типа ОДОР-2-40 имеют две лампы мощностью 40 Вт каждая с габаритными размерами, 1227x265x155мм, при этом разрывы между светильниками в ряду составят (50...500) см. Изобразим в масштабе план помещения и разместим на нем 6 светильников (рис. 2). Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении, то $N = 6 \cdot 2 = 12$.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)}, \quad (34)$$

$$i = \frac{42}{2,5 \cdot (6+7)} = 1,29$$

Расчетным уравнением метода коэффициента использования светового потока является формула:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (35)$$

где η – коэффициент использования светового потока, для данной формулы $\eta = 0,52$;

E_n – нормируемая минимальная освещённость, лк.

$$\Phi = \frac{200 \cdot 42 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,52} = 2665 \text{ лк}$$

Определим потребный световой поток ламп в каждом из рядов. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{ст} - \Phi_{расч}}{\Phi_{ст}} \cdot 100\% \leq 20\% \quad (36)$$

Подставим значения, для определения мощности осветительной установки:

$$-10\% \leq \frac{2600 - 2665}{2600} \cdot 100\% \leq 20\% ,$$

$$-10\% \leq -2,5\% \leq 20\% .$$

Таким образом, мы получили, что необходимый световой поток не выходит за пределы требуемого диапазона. Теперь рассчитаем мощность осветительной установки:

Потребляемая мощность осветительной установки составит:

$$P = N \cdot P_{лампы} , \quad (37)$$

$$P = 12 \cdot 40 = 480 \text{ Вт} .$$

Выбранная система освещения обеспечивает требуемую освещенность рабочего места, согласно проведенным расчётам.

Для схематического изображения размещения светильников необходимо рассчитать расстояние вдоль стен и от торца помещения:

$$L = N \cdot a \cdot L_1 + \frac{2}{3} \cdot L_1 + N \cdot L_1 \quad (38)$$

Соответственно расстояние между лампами от стены длиной 7м L_1 , а от стены длиной 6м L_2 . Согласно «Практикум БЖД 2009» равномерность освещения обеспечивается расстоянием от крайних светильников до стенок = $L/3$.

Составим уравнение с 1 неизвестной:

$$6000 = L_1 + \frac{2}{3} \cdot L_1 + 2 \cdot 265 ,$$

$$7000 = 2 \cdot L_2 + \frac{2}{3} \cdot L_2 + 3 \cdot 1227 .$$

Преобразуем уравнения для нахождения L_1 и L_2 .

$$L_1 = \frac{6000 - 2 \cdot 265}{1 + 2/3} = 3282 \text{ мм}$$

$$L_2 = \frac{7000 - 3 \cdot 1227}{2 + 2/3} = 1244,6 \text{ мм} \approx 1245 \text{ мм}$$

Тогда расстояние от края стенок будет равно:

$$\frac{L_1}{3} = \frac{3282}{3} = 1094 \text{ мм}$$

$$\frac{L_2}{3} = \frac{1245}{3} = 415 \text{ мм}$$

Размещаем светильники в 2 ряда по 3 светильника. На рисунке 2 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

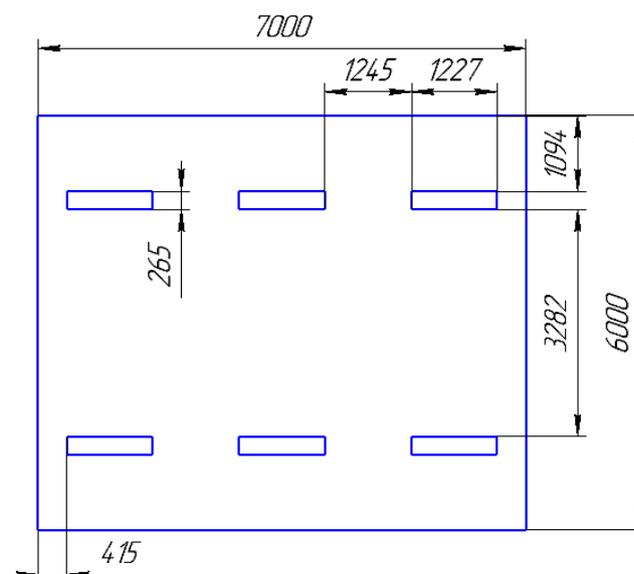


Рисунок 2 – План размещения светильников в кабинете

5.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Биологическое действие электромагнитного излучения зависит от длины волны, напряженности поля, длительности и режима воздействия.

Основными источниками электромагнитного излучения во время разработки проекта был дисплей ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя

излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать:

- в диапазоне частот 5 Гц... 2 кГц – 25 В/м;
- в диапазоне частот 2 кГц...400 кГц – 2,5 В/м.

Плотность магнитного потока не должна превышать:

- в диапазоне частот 5 Гц...2 кГц – 250 нТл;
- в диапазоне частот 2 кГц...400 кГц – 25 нТл.

Электростатический потенциал экрана видеомонитора 500 В.

В ходе работы использовалась ПЭВМ типа Lenovo IdeaPad 3 14ITL05 со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В.

Так как при постоянном воздействии электромагнитного поля, возникают различного рода последствия для здоровья человека, предусмотрены предельно допустимые уровни облучения по ОСТ 54 30013-83:

- до 10 мкВт./см², время работы (8 часов);
- от 10 до 100 мкВт/см², время работы не более 2 часов;
- от 100 до 1000 мкВт/см², время работы не более 20 мин. при условии использования защитных очков.
- для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см².

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

Средствами коллективной защиты:

1. защита временем;
2. защита расстоянием;
3. снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;

4. экранирование источника (с заземлением);
5. защита рабочего места от излучения;

Средствами индивидуальной защиты:

1. Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

2. Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO_2).

5.1.4 Превышение уровней шума

Шум является общебиологическим раздражителем и в некоторых условиях может оказывать влияние на системы организма человека. Шум на рабочем месте инженера-лаборанта возникает от работы: ПЭВМ, ламп дневного света, а также проникает снаружи.

Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в дБ, в октавных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром.

Основным источником шума в нашем кабинете являются компьютерные охлаждающие вентиляторы и шум поступающий извне. Уровень шума варьируется от 40 до 45 дБА. Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16, при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 82 дБА.

Шум от работы ПК можно понизить, используя малошумные вентиляторы охлаждения, либо водяное охлаждение системного блока

При значениях выше ПДУ необходимо предусмотреть СИЗ и СКЗ.

Средства коллективной защиты:

1. устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;

2. изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов, таких как: шамотный кирпич или микропористой резины);

3. применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распро-странения;

В качестве средств индивидуальной защиты (СИЗ) можно использовать средства защиты органов слуха: беруши, наушники, антифоны.

5.1.4 Ультразвук

В нашем случае источником ультразвука будет ультразвуковой дефектоскоп Velograph II, который используется при контроле качества сварных соединений. По классификации согласно СанПиН 2.2.4./2.1.8.582—96, наш источник УЗ является ручным, контактным, высокочастотным, с пьезоэлектрическим генератором. ПДУ ультразвука на рабочем месте дефектоскописта представлены в таблице 35.

Таблица 35 – ПДУ контактного ультразвука

Среднегеометрические частоты октавных полос, кГц	Пиковые значения виброскорости, м/с	Уровни виброскорости, дБ
16,0 — 63,0	5×10^{-3}	100
125,0 — 500,0	$8,9 \cdot 10^{-3}$	105
1×10^3 — $31,5 \times 10^3$	$1,6 \times 10^{-2}$	110

Запрещается непосредственный контакт человека с рабочей поверхностью источника ультразвука и с контактной средой во время работы дефектоскопа.

СКЗ от ультразвука должны включать в себя:

- дистанционное управление источниками ультразвука;
- автоблокировку, т. е. автоматическое отключение источников ультразвука при выполнении вспомогательных операций;

- приспособления для удержания источника ультразвука или предметов, которые могут служить в качестве твердой контактной среды;
- экранирование источников УЗ (с помощью звукопоглощающими кожухов и экранов, размещаться в отдельных помещениях или звукоизолирующих кабинах).

Также следует пользоваться средствами индивидуальной защиты от ультразвука, такими как:

- Нарукавники, рукавицы или перчатки (наружные резиновые и внутренние хлопчатобумажные).
- Для снижения неблагоприятного влияния ультразвука при контактной передаче в холодный и переходный период года, работающие должны обеспечиваться теплой спецодеждой.
- Для защиты работающих от неблагоприятного влияния воздушного ультразвука следует применять противошумы (наушники, беруши).

К работе с ультразвуковыми источниками допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие соответствующий курс обучения и инструктаж по технике безопасности.

5.2 Опасные факторы

5.2.1 Электробезопасность

Основными источниками электрической опасности на данном рабочем месте являются вычислительная техника и электрические сети.

Электробезопасность и допустимые нормы, и заземление регламентируются Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), ГОСТ 12.1.038-82 и ГОСТ 12.1.030-81.

При работе с ПК, с целью обеспечения электробезопасности пользователей компьютеров, должны выполняться следующие требования:

- все узлы одного персонального компьютера и подключенное к нему периферийное оборудование должны питаться от одной фазы электросети;
- корпуса системного блока и внешних устройств должны быть заземлены радиально с одной общей точкой;
- для аварийного отключения компьютерного оборудования должен использоваться отдельный щит с автоматами защиты и общим рубильником;
- все соединения ПЭВМ и внешнего оборудования должны производиться при отключенном электропитании.

Офисный кабинет относится к 1-му классу электробезопасности (помещение без повышенной опасности). Так, как данное помещение сухое, с нормальной температурой воздуха (не превышает 35°C), имеет оборудование напряжением 220 В (до 1000 В). Безопасное значение тока $I < 0.1$ А, а значение напряжения $U < 12$ В. Не имеет токопроводящих полов и токопроводящей пыли, отсутствует агрессивная среда.

Существуют следующие способы защиты от поражения электрическим током на данном рабочем месте:

- защитное заземление ($R < 4$ Ом);
- зануление;
- защитное отключение;
- электрическое разделение сетей разного напряжения;
- изоляция токоведущих частей;
- работник должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки, боты, инструменты с изолирующими ручками, резиновый коврик, деревянная лестница, указатель напряжения).

5.2.2 Пожарная опасность

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д.

В нашем случае помещение имеет категорию пожарной опасности В. Учитывая высокую стоимость электронного оборудования 16а корпуса, а также категорию его пожарной опасности, здания корпуса и части здания другого назначения, в которых предусмотрено размещение ЭВМ, должны быть первой и второй степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85.

Здание построено из кирпича, который относится к трудносгораемым материалам. В помещениях корпуса находятся все необходимые факторы для начала пожара: горючие вещества, окислитель и источники зажигания.

Горючими компонентами помещения 16а корпуса являются: строительные материалы для акустической и эстетической отделки помещений, перегородки, двери, полы, перфокарты и перфоленты, изоляция кабелей.

Пожар по причинам возникновения бывает электрического и неэлектрического характера. Рассмотрим причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- халатное или неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы);
- использование открытого огня в различных целях.

Причины возникновения пожара электрического характера:

- короткое замыкание;
- перегрузки по току;
- искрение и электрические дуги;
- статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии необходимо использовать первичные средства пожаротушения, применить их

следует желательно ещё до приезда пожарной команды, если это позволяет ситуация.

К первичным средства пожаротушения в корпусе 16а относятся:

- Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10), используются для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии.
- Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В.
- Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

В образовательных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для снижения вероятности возникновения пожара необходимо оборудовать:

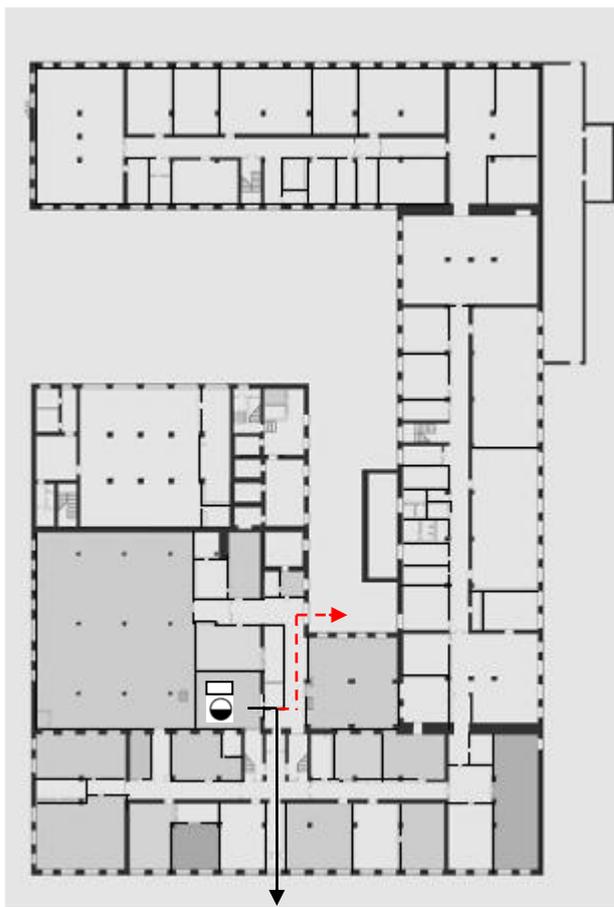
1. Специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении - соответствии с ГОСТ 12.4.021-75 и СНиП 2.04.05-85;

2. Специальные помещения для хранения в таре пылеобразной канифоли, изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;

3. Первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители ГОСТ 9230-77, пенные огнетушители ТУ 22-4720-80, ящики с песком, войлок, кошма или асбестовое полотно);

4. Автоматические сигнализаторы (типа СВК-3 М 1) для сигнализации о присутствии в воздухе помещений предвзрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

Помещение инженера-лаборанта соответствует нормам пожарной безопасности, т.к. имеет охранно-пожарную сигнализацию, план эвакуации (рис. 3), порошковый огнетушитель с поверенным клеймом, таблички с указанием направления движения в сторону эвакуационного выхода.



● место рабочего

— путь к основному эвакуационному выходу

- - - путь к вспомогательному эвакуационному выходу

Рисунок 3 – План эвакуации из лаборатории, где проводились исследования.

5.2.3 Лазерное излучение

По степени опасности генерируемого излучения согласно ГОСТ 12.1.040-83 лазеры подразделяются на четыре класса. В нашем случае источником лазерного излучения в нашем производстве будет являться оптоволоконный лазерный станок для резки металла MetalTec 1530 S (1000W).

Существует несколько классов опасности лазерного излучения:

- К лазерам I класса относят полностью безопасные лазеры, то есть такие лазеры, выходное коллимированное излучение которых не представляет опасности при облучении глаз и кожи.
- Лазеры II класса – это лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении кожи или глаз человека коллимированным пучком; диффузно отраженное излучение безопасно как для кожи, так и для глаз.
- К лазерам III класса относятся такие лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз не только коллимированным, но и диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и (или) при облучении кожи коллимированным излучением. Диффузно отраженное излучение не представляет опасности для кожи.
- Четвертый IV класс включает такие лазеры, диффузно отраженное излучение которых представляет опасность для глаз и кожи на расстоянии 10 см от отражающей поверхности.

Он относится к лазерам III класса такие лазеры, выходное излучение которых представляет опасность при облучении глаз не только коллимированным, но и диффузно отраженным излучением на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и (или) при облучении кожи коллимированным излучением. Диффузно отраженное излучение не представляет опасности для кожи.

Предельно допустимые уровни лазерного излучения, определяются по формулам для используемой длине волны в соответствии с требованиями "Санитарных норм и правил устройства и эксплуатации лазеров «N 2392-81, утвержденных Министерством здравоохранения СССР».

Средства защиты должны снижать уровни лазерного излучения, действующего на человека, до величин ниже ПДУ.

К СКЗ применяемым в нашем случае можно отнести:

- экранирование источника излучения (в нашем случае станок имеет защитную камеру и резка происходит в закрытой рабочей камере станка);
- предохранительные устройства (прекращающую работу лазера в случае вскрытия защитной камеры);
- устройства автоматического контроля и сигнализации;
- устройства дистанционного управления.

СИЗ применяются при проведении пусконаладочных и ремонтных работ, работ с открытыми лазерными изделиями. Они включают в себя средства защиты глаз и лица (защитные очки, щитки, насадки), средства защиты рук, специальную одежду.

При выборе средств индивидуальной защиты необходимо учитывать:

- рабочую длину волны излучения;
- оптическую плотность светофильтра.

Защитные лицевые щитки необходимо применять в тех случаях, когда лазерное излучение представляет опасность не только для глаз, но и для кожи лица.

5.2 Экологическая безопасность

Компьютеры, которые использовались для написания магистерской диссертации, к сожалению, содержат токсичные вещества и представляют

угрозу для человека и для окружающей среды. Поэтому следует рассмотреть конкретно эти вещества и их влияние на человека:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу).

Ввиду вышеперечисленных негативных для здоровья эффектов этих веществ, необходима комплексная утилизация компьютеров. Производить эту утилизацию следует в такой последовательности:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- разделить металлические части на чермет и цветмет;
- копир-порошок упаковать в отдельную упаковку, точно также, как и все проклассифицированные и измельченные компоненты оргтехники, и после сбора отправить предприятиям и фирмам, специализирующимся по переработке отдельных видов материалов.
- металлические части переплавляются для последующего производства;
- неметаллические части компьютера подвергаются специально переработке;

Все виды отходов передающихся на переработку, должны быть разложены и скоплены предприятием до размеров, которые рационально транспортировать, а после переданы либо перерабатывающим предприятиям, либо строительным компаниям.

Поэтому еще до покупки компьютеров в рабочий кабинет, необходимо знать правила утилизации старых моделей, а также выяснить эко-стандарт «свежей» техники на возможность дальнейшей утилизации.

Кроме того, утилизация помимо заботы о природе путём безотходного производства (вторичной переработки пластика и металлов) для предприятия

также несёт строгую необходимость. За возможное нарушение ст. 19.14. КоАП РФ о несоблюдении правил учета движения драгоценных металлов, да и несанкционированный вывоз техники и оборудования на «свалку» тоже грозит штрафом.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Производство расположено в городе Томске с континентально-циклоническим климатом, потому такие природные явления как: землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д., в данном городе отсутствуют.

Наиболее вероятными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия. Рассмотрим подробнее эти виды ЧС и противодействие им.

Для Томска, как и для Сибири в целом зимнее время сопровождаются морозы. Достижение критически низких температур может привести к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям. Чтобы обезопасить себя от негативных последствий следует:

- Иметь калориферы на газе с катализатором (на случай переморозки труб). Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.
- В здании должен храниться запас воды в 30 литров на одного сотрудника.
- В случае отсутствия электроэнергии должны быть предусмотрены генераторы энергии (на дизеле), а также генераторы, способные поддерживать стабильное питание сварочного оборудования.
- В гаражном парке должны находиться теплые автобусы и микроавтобусы. Также для перевозки людей в удаленные районы нужно

предусмотреть менее габаритные автомобили, способные работать в сильные морозы.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, ввиду сложной политической ситуации возникают все чаще, и хоть большинство таких угроз оказываются ложными, но порой случаются серьезные взрывы или иные повреждения средств производства.

Для уменьшения вероятности успешного выполнения диверсии на предприятии необходимо организовать: систему видеонаблюдения и контролируемого пропуска на территорию, круглосуточную охрану и надежную систему связи. Кроме того, конфиденциальной должна быть информация о: системе охраны объекта, расположении цехов и оборудовании в них, сигнализаторах, камерах и иных средств охраны (их количество и расположение). Должностные лица раз в полгода должны проводить тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации, ввиду диверсии.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

Для недопущения несанкционированного проникновения на рабочее место на предприятии применяется система контроля и управления доступом, каждый сотрудник имеет ключ – карту для прохода через пропускной пункт. На лицевой стороне карты размещается фотография и ФИО сотрудника, на задней стороне ключ – карты – номер пропуска. Пропускные пункты расположены на входе и внутри предприятия, контроль осуществляется, в том числе визуально на соответствие фотографии, что практически исключает несанкционированный доступ.

5.4 Вывод по разделу «Социальная ответственность»

В ходе выполнения раздела «Социальная ответственность» была проведена всесторонняя оценка вредных и опасных факторов, возникающих при разработки технологии сварки разнородных сталей также рассмотрены / разработаны мероприятия по минимизации их воздействия на организм человека и окружающую среду. Помимо этого, были рассмотрены вероятные ЧС и мероприятия по их предупреждению и ликвидации. Практическую значимость трудно переоценить, т.к. дополнительно уделенное безопасности выполнения работ внимание всегда окупается в виде сохраненных материальных ценностей, здоровья и жизни сотрудников.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана технология сборки и механизированной сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа цистерны объемом 5 м³ с толщиной стенки 8 мм, которая будет изготавливаться из стали коррозионно-стойкой жаропрочной 08X13 и в последующем будет привариваться люк из стали конструкционной углеродистой обыкновенного качества СтЗпс.

Были изучены свойства материала цистерны - стали СтЗпс и стали коррозионно-стойкой жаропрочной 08X13, оценена их свариваемость и возможные проблемы. Был назначен наиболее рациональный способ сварки – механизированный в среде углекислого газа. Данный способ сварки удовлетворял всем требованиям, для него были подобраны необходимые сварочные материалы и назначены параметры режимов сварки, а также путем сравнения было выбрано сварочное оборудование.

Также были выделены особенности сварки данного изделия, определены режимы термообработки сварных соединений до сварки, так как цистерна изготовлена из теплоустойчивой стали, которая ввиду своей ограниченной свариваемости должна подвергаться подогреву перед проведением сварочных работ.

По произведенному анализу сделан вывод, что сварка плавящимся электродом в среде углекислого газа – является эффективным методом для сварки разнородных сталей и способна занять свое место на рынке. Данный метод при правильном продвижении и учете внешних и внутренних факторов, может составить существенную конкуренцию имеющимся методам сварки разнородных сталей.

В результате разработки технологии дуговой сварки ёмкости объёмом 5 м³ из разнородных сталей в лаборатории, были получены ответы по правовым и организационным, производственным, экологическим вопросам безопасности, а также вопросам безопасности в ЧС. При воздействии каких-

либо вредных или опасных факторов на производстве необходимо будет воспользоваться методами, приведенными в этой научно-исследовательской работе. Так же в ходе исследования было выявлено, что:

1. Исследуемое помещение соответствует всем нормам и правилам законодательства РФ.
2. Параметры микроклимата соответствуют нормативным документам.
3. Шум на рабочем месте соответствует стандартным нормам.
4. Техпроцесс не приводит к вредным и опасным воздействиям на экологию и здоровье людей.

Однако до начала производства по данным режимам обязательна их проверка на практике и соответствующая корректировка, особенно вследствие того, что часть расчётов проводилась по приближённым данным, часть по рекомендациям литературы, которая в свою очередь нередко встречаются противоречивые данные.

При соблюдении разработанной технологии сварки ожидается получение сварного соединения, отвечающего своему назначению.

Список использованных источников

1. Weldering.com : Сварка и сварщик. Энциклопедия : сайт. – Киев, 2013-2021. – URL: <https://weldering.com/razvitie-svarki-znachenie> (дата обращения 22.03.2022). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
2. Рабинович, И. Я. Оборудование для дуговой электрической сварки. Источники питания дуги : учебное пособие для машиностроительных и политехнических вузов / И.Я. Рабинович. – Москва: Машгиз, 1958. – 375 с.
3. Акулов А. И. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х томах. Том 1. Сварные соединения из разнородных сталей / А.И. Акулов, Г.А.Николаев; Редкол.: Г.А.Николаев и др.- М.: Машиностроение, 1978. – Т.2 / Под ред. А.И. Акулова, 1978.– 462 с.
4. ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки: дата введения 2008-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200052847> (дата обращения: 23.03.2022). – Текст : электронный.
5. ГОСТ 535-2005. Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия: дата введения 2008-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200052846> (дата обращения: 23.03.2022). – Текст : электронный.
6. Макаров Э.Л. Сварка и свариваемые материалы : в 3 Томах. Том 1. Свариваемость материалов / справ. изд. / под ред. Э. Л. Макарова. – Москва : Изд-во Металлургия, 1991. – 528 с.
7. ГОСТ 5949-2018.Metalлопродукция из сталей нержавеющей и сплавов на железоникелевой основе коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных. Технические условия: дата введения 2019-02-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200160567> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.
8. ГОСТ 7350-77. Сталь толстолистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия: дата введения 1979-01-01. –

URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200001713> (дата обращения: 25.03.2022). – Текст : электронный.

9. Трущенко Е.А. Технологические основы сварки давлением и плавлением. Сварка плавлением: учебно-методическое пособие / Е.А. Трущенко; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 80 с.

10. Никулина А. А. Структура и свойства разнородных соединений, полученных методами сварки и наплавки углеродистых и легированных сталей: дис. на соискание ученой степени док. тех. Наук / Никулина Аэлита Александровна ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск, 2020. – 393 с.

11. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры: дата введения 1977-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004932> (дата обращения: 28.03.2022). – Текст : электронный.

12. Закс И. А. Сварка разнородных сталей. Машиностроение : учебное пособие для машиностроительных и политехнических вузов / И.А. Закс. – Москва: Машгиз, 1973. – 208 с.

13. ГОСТ 2246-70. Межгосударственный стандарт. Проволока стальная сварочная. Технические условия: дата введения 1973-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005429> (дата обращения: 28.03.2022). – Текст : электронный.

14. Esab.com : официальный сайт. – Москва, – Обновляется в течение суток. – URL: <https://esab.com/> (дата обращения: 31.03.2022). – Текст : электронный.

15. Welding-russia.ru : официальный сайт. – Москва, – Обновляется в течение суток. – URL: <https://www.welding-russia.ru/catalog.html?itemid=17050/> (дата обращения: 04.04.2022). – Текст : электронный.

16. Патент № 1622107 СССР, В 23 К 37/00 (1988.06). Устройство для

сборки днища с обечайкой : № 1622107 : заявл. 21.06.1988 : опубл. 23.01.1991 / Несвит А. П., Сычев П. Г. ; заявитель Сумский научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт компрессорного машиностроения.

17. Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на дуговую сварку в среде защитных газов: дата введения 1987-04-15. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293846/4293846544> (дата обращения: 10.04.2022). – Текст : электронный.

18. Максимец Н.А., Негода Е.Н. Технология сварки легированных сталей. Машиностроение : учебное пособие для машиностроительных и политехнических вузов / Н.А. Максимец, Е.Н. Негода. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2001. – 120 с.

19. Master-pmg.ru : Оборудование. Мартенситные и мартенситно-ферритные стали : сайт. – Москва, 2021-2022. – URL: <https://master-pmg.ru/oborudovanie/martensitnye-stali-marki.html> (дата обращения 14.04.2022). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

20. ГОСТ Р ИСО 17637-2014. Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением: дата введения 2016-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113436> (дата обращения: 20.04.2022). – Текст : электронный.

21. ГОСТ Р ЕН 13018-2014. Контроль визуальный. Общие положения: дата введения 2015-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200116034> (дата обращения: 20.04.2022). – Текст : электронный.

22. Дефектация сварных швов и контроль качества сварных соединений : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.В. Овчинников. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 224 с.

23. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

24. Безопасность жизнедеятельности: практикум / Ю.В. Бородин, М.В. Васи-левский, А.Г. Дашковский, О.Б. Назаренко, Ю.Ф. Свиридов, Н.А. Чулков, Ю.М. Федорчук. — Томск: Изд – во Томский политехнический университет, 2009. — 101 с.

Приложение А
(обязательное)

Комплект технологической документации

										ФЮРА.02190.1ВМ01084					2	
															ФЮРА 10190.002	
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
B	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
K/M	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
K/M15	Лист 08X13, 8x1500x5100 мм					ГОСТ 19903-2015										
O16	Обработать торцы листа согласно эскизу ФЮРА 20190.001															
T17	Фреза															
18																
A19	2	3	3	020	Строжка					ИОТ №1, СТО 00220368-011-2007						
B20	Воздушно-плазменный аппарат ДС120П.33					3	сварщик	4	2	1	1					
K/M21	Лист 08X13, 8x1428x5035мм					ГОСТ 19903-2015										
O22	Снять поверхность металла и создать кромку согласно эскизу ФЮРА 20190.004															
T23	Компрессор воздушный,осушитель воздуха, плазмотрон															
24																
A25	2	3	3	025	Правка					ИОТ №1, СТО 00220368-011-2007						
B26	Листоправильная машина Roundo PRH 360 / 1500					2	слесарь	4	1	2	1					
K/M27	Лист 08X13, 8x1422x5029					ГОСТ 19903-2015										
O28	Выправить заготовку холодной правкой															
T29	Цилиндрические валики															
МК		Маршрутная карта													10	

										ФЮРА.02190.1ВМ01084					3		
															ФЮРА 10190.003		
A	Цех	Уч.	PM	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа							
B	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	P	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.	
K/M	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.		
30																	
A31	2	3	3	030	Вальцовка					ИОТ №1, СТО 00220368-011-2007							
B32	Листогибочная четырехвалковая машина ИА2424					2	слесарь	4	1	2	1						
33	Манипулятор					2	слесарь	4	2	1	1						
K/M34	Лист 08X13, 8x1422x5029					ГОСТ 19903-2015											
O35	Произвести гибку обечайки																
T36	Цилиндрические валики																
37																	
A38	1	1	1	035	Разметка					ИОТ №1, СТО 00220368-011-2007							
B39	Разметочная плита					3	слесарь	4	1	1	1						
K/M40	Лист 08X13, 8x2000x2000 мм					ГОСТ 19903-2015											
O41	Нанести базовые линии и разметить контуры будущего изделия согласно эскизу ФЮРА 20190.002																
T42	Линейка, чертилка																
43																	
A44	1	2	1	040	Резка					ИОТ №1, СТО 00220368-011-2007							
МК Маршрутная карта															10		

										ФЮРА.02190.1ВМ01084				4		
														ФЮРА 10190.004		
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
B	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
K/M	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх	
B45	<i>Воздушно-плазменный аппарат ДС120П.33</i>					3	<i>слесарь</i>	4	2	1	1					
K/M46	<i>Лист 08X13, 8x2000x2000 мм</i>					<i>ГОСТ 19903-2015</i>										
O47	<i>Вырезать болванку выдерживая размеры согласно эскизу ФЮРА 20190.002</i>															
T48	<i>Компрессор воздушный,осушитель воздуха, плазмотрон</i>															
49																
A50	1	2	1	045	<i>Штамповка</i>					<i>ИОТ №1, СТО 00220368-011-2007, ГОСТ 25054-81</i>						
B51	<i>Электрическая печь сопротивления с выкатным подом</i>					3	<i>слесарь</i>	4	2	1	1					
52	<i>Манипулятор</i>					2	<i>слесарь</i>	4	2	1	1					
K/M53	<i>Лист 08X13, 8x2000 мм</i>					<i>ГОСТ 19903-2015</i>										
O54	<i>После настройки штампа на прессе на рабочие поверхности пуансона, прижимного и сменного кольца нанести смазку.Загрузить заготовку в нагревательную печь, нагреть печь до температуры 900—1000°C и выдержать в течении 6,4-8 минут. По окончании</i>															
55	<i>выдержки заготовку выгрузить из печи, уложить на матрицу, центрировать. После прижима заготовки, под действием главного цилиндра пресса опустить ползун с закрепленным на нем пуансоном, деформировать заготовку в эллиптическое днище.</i>															
56	<i>Штампованное днище удалить из штампа и транспортировать и произвести высокий отпуск при 680-780 °C с охлаждением в печи</i>															
57	<i>или на воздухе.</i>															
T58	<i>Манипулятор, матрица, смесь графита серебристого кристаллического ГЛ-2 с маслом индустриальным</i>															
59																
МК		Маршрутная карта													10	

										ФЮРА.02190.1ВМ01084					5					
															ФЮРА 10190.005					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код,наименование,оборудования									СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала									Обозначение,код										
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала									Обозначение,код										
А60	2	3	3	050	Строжка					ИОТ №1, СТО 00220368-011-2007										
Б61	Воздушно-плазменный аппарат ДС120П.33									3	сварщик	4	2	1	1					
К/М62	Эллиптическое днище из коррозионно-стойкой стали									ГОСТ 6533-78										
О63	Снять поверхность металла и создать кромку согласно эскизу ФЮРА 20190.004																			
Т64	Компрессор воздушный,осушитель воздуха, плазмотрон																			
65																				
А66	2	3	3	055	Сборка					ИОТ №1, ГОСТ 14771-76 , СТО 00220368-011-2007										
Б67	Сварочный полуавтомат Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud									3	сварщик	3	2	1	1					
Б68	Роликовый стенд									2	слесарь	3	1	3	1					
69	Обечайка									ГОСТ 9617-76										
К/М70	Сварочная проволока Св-08Х14ГНТ Ø2									ГОСТ 2246-70										
71	Углекислый газ									ГОСТ 8050-85										
О72	Очистить до чистого металла кромки и прилегающие к ним поверхности с двух сторон на ширину не менее 20 мм. Обезжирить ацетоном. При температуре воздуха ниже 5°С или при наличии влаги произвести сушку горячим воздухом при температуре 80-90°С. Установить по краям обечайки винтовые ступицы. Выставить требуемый зазор в стыке при помощи двух винтовых стяжек согласно эскизу ФЮРА 20190.004.																			
73																				
74																				
МК		Маршрутная карта																	10	

										ФЮРА.02190.1ВМ01084					6	
															ФЮРА 10190.006	
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
075	Собрать на прихватках : длина прихваток не более 40 мм на расстоянии не более 180 мм и высотой 3-4 мм согласно эскизу ФЮРА 20190.004. Зачистить прихватки от загрязнений.															
76																
Т77	Струбцины, щетка по металлу, термоиндикаторный карандаш															
78																
А79	2	3	3	060	Сварка					ИОТ №1, ГОСТ 14771-76, СТО 00220368-011-2007						
Б80	Сварочный полуавтомат Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud					3	сварщик	3	2	1	1					
81	Роликовый стенд					2	слесарь	3	1	3	1					
82	Электронагреватель комбинированного действия КЭН-4-3					3	сварщик	3	2	1	1					
К/М83	Обечайка собранная на прихватках					ГОСТ 9617-76										
84	Сварочная проволока Св-08Х14ГНГ Ø2					ГОСТ 2246-70										
85	Углекислый газ					ГОСТ 8050-85										
086	Приварить вводные, выводные планки. Следует применять вводные и выводные планки для вывода на них начального и конечного участков шва длиной 40 - 50 мм. Размер технологических планок не менее 100 мм. Далее заготовку подаем на сварку продольного стыка на роликовый стенд. Перед сваркой продуть горелку и защитные устройства в течение 2-3 мин. При сварке сварные швы необходимо выполнить в два слоя, слоями высотой 4,0 мм. Сварить корень шва согласно эскизу ФЮРА 20190.004. Зачистить корень шва от загрязнений. Заварить облицовочный слой шва. Зачистить облицовочный слой. Эффективным способом окончания сварки служит вывод конца шва на выводные планки, которые после сварки удаляют.															
87																
88																
89																
МК Маршрутная карта																
															10	

										ФЮРА.02190.1ВМ01084				7		
														ФЮРА 10190.007		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,об.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
О90	<i>Перед сваркой осуществить подорев кромок при температуре 100-120 °С. После сваркиосуществить изотермическую выдержку</i>															
91	<i>более 10 часов при температуре равной 100-120 °С. Затем охладить до комнатной температуры.</i>															
Т92	<i>Щетка по металлу, термоиндикаторный карандаш, вводные, выводные планки.</i>															
93																
А94	2	3	3	065	Сборка					ИОТ №1, ГОСТ 14771-76 , СТО 00220368-011-2007						
Б95	Сварочный полуавтомат Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud					3	сварщик	3	2	1	1					
96	Установка для сварки днища с обечайкой					2	слесарь	3	1	3	1					
К/М97	Обечайка					ГОСТ 9617-76										
98	Эллиптическое днище из коррозионно-стойкой стали					ГОСТ 6533-78										
99	Сварочная проволока Св-08Х14ГНТ Ø2					ГОСТ 2246-70										
100	Углекислый газ					ГОСТ 8050-85										
О101	<i>Очистить до чистого металла кромки и прилегающие к ним поверхности с двух сторон на ширину не менее 20 мм. Обезжирить</i>															
102	<i>ацетоном. При температуре воздуха ниже 5°С или при наличии влаги произвести сушку горячим воздухом при температуре 80-90°С.</i>															
103	<i>С помощью специальной установки для сварки днища с обечайкой, установить днище в центральный толкатель и зафиксировать его</i>															
104	<i>при помощи пневмоцилиндров, которые захватывают и удерживают его согласно ФЮРА.02190.007.ВО. Установить на торцевой</i>															
	<i>поверхности днища упоры равные величине зазора в стыке. Величина зазора в стыке должна быть b=1±1мм, т.к. по ГОСТ 14771-76</i>															
	<i>принята разделка кромок типа С8.</i>															
МК Маршрутная карта																
															10	

										ФЮРА.02190.1ВМ01084				8		
														ФЮРА 10190.008		
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
О105	Установить прихватки согласно эскизу ФЮРА 20190.005. Длина прихваток 80 мм с шагом 150-300 мм, сечение прихватки должно составлять 1/3 сечения первого прохода, но не более 4 мм.															
106																
Т107	Щетка по металлу															
108																
А109	2	3	3	070	Сварка					ИОТ №1, ГОСТ 14771-76 , СТО 00220368-011-2007						
Б110	Сварочный полуавтомат Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud					3	сварщик	3	2	1	1					
111	Роликовый стенд					2	слесарь	3	1	3	1					
112	Электронагреватель комбинированного действия КЭН-4-3					3	сварщик	3	2	1	1					
К/М113	Собранное соединение обечайки и днища на прихватках					ГОСТ Р 52630-2012										
114	Сварочная проволока Св-08Х14ГНТ Ø2					ГОСТ 2246-70										
115	Углекислый газ					ГОСТ 8050-85										
О116	Произвести сварку согласно эскизу ФЮРА 20190.005. Сварку выполнить в нижнем или же полувертикальном положении. Необходимо соблюдать правильный угол наклона электрода. В целом, этот угол может изменяться в пределах 40-90°, при котором он сохраняет за собой небольшое технологическое окно, сквозь которое можно наблюдать за оплавлением кромок заготовок. Обеспечить послойную зачистку от загрязнений корневого и облицовочного шва. Перед сваркой осуществить подорез кромок при температуре 100-120 °С.															
117																
118	После сварки осуществить изотермическую выдержку более 10 часов при температуре равной 100-120 °С. Затем охладить до комнатной температуры.															
119																
МК		Маршрутная карта													10	

										ФЮРА.02190.1ВМ01084					9	
															ФЮРА 10190.009	
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
T120	Зубило, молоток, щетка по металлу, термоиндикаторный карандаш.															
121																
A122	2	3	3	075	Сборка					ИОТ №1, ГОСТ 14771-76, СТО 00220368-011-2007						
Б123	Сварочный полуавтомат Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud					3	сварщик	3	2	1	1					
124	Роликовый стенд					2	слесарь	3	1	3	1					
125	Электронагреватель комбинированного действия КЭН-4-3					3	сварщик	3	2	1	1					
К/М126	Цистерна					ГОСТ 9617-76										
O127	Люк					ОСТ 26-2002-83										
128	Сварочная проволока Св-07Х25Н12Г2Т Ø3					ГОСТ 2246-70										
129	Углекислый газ					ГОСТ 8050-85										
O130	Произвести предварительный нагрев до температуры в 100-120 °С. Собрать соединение на пяти прихватках в соответствии с эскизом ФЮРА 20190.006. Необходимо соблюдать правильный угол наклона электрода. По направлению ведения электрода															
131	осуществить правый способ расположения держателя.															
T132	Зубило, молоток, щетка по металлу, термоиндикаторный карандаш.															
133																
A134	2	3	3	080	Сварка					ИОТ №1, ГОСТ 14771-76, СТО 00220368-011-2007						
МК Маршрутная карта															10	

										ФЮРА.02190.1ВМ01084					10						
															ФЮРА 10190.010						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа											
Б	Код,наименование,оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.						
Б135	Сварочный полуавтомат Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud					3	сварщик	3	2	1	1										
136	Роликовый стенд					2	слесарь	3	1	3	1										
137	Электронагреватель комбинированного действия КЭН-4-3					3	сварщик	3	2	1	1										
К/М138	Цистерна					ГОСТ 9617-76															
139	Люк					ОСТ 26-2002-83															
140	Сварочная проволока Св-07Х25Н12Г2Т Ø3					ГОСТ 2246-70															
141	Углекислый газ					ГОСТ 8050-85															
О142	Произвести сварку согласно эскизам ФЮРА 20190.006 и ФЮРА 20190.007. Сварку выполнить в вертикальном положении. Необходимо																				
143	соблюдать правильный угол наклона электрода. По направлению ведения электрода осуществить правый способ расположения																				
144	держателя. Обеспечить послойную зачистку от загрязнений корневого и облицовочного шва. Перед сваркой осуществить подогрев																				
145	кромки при температуре 100-120 °С. После сварки осуществить изотермическую выдержку более 10 часов при температуре равной 100-120 °С. Затем охладить до комнатной температуры.																				
Т146	Зубило, молоток, щетка по металлу, термоиндикаторный карандаш.																				
147																					
А148	3	2	4	075	Визуально-измерительный контроль					ИОТ №1,ГОСТ Р ИСО 17637-2014											
Б149	Роликовый стенд					1	дефектоскопист	4	1	1	1										
МК	Маршрутная карта															10					

										ФЮРА.02190.1ВМ01084					11	
															ФЮРА 10190.011	
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
К/М150	Цистерна объёмом 5м ³					СТО 00220368-011-2007										
О151	Произвести ВИК готовой сварной конструкции согласно ГОСТ Р ИСО 17637-2014 и ГОСТ 14806-80															
Т152	Луна, линейка, УШС-1															
153																
А154	3	2	4	075	Ультразвуковой контроль					ИОТ №1,ГОСТ 21397-81,ГОСТ 14782-76						
Б155	Роликовый стенд					1	слесарь безрект	4	1	2	1					
156	УЗД-3М					1	оскопис	4	1	2	1					
К/М157	Цистерна объёмом 5м ³					СТО 00220368-011-2007										
О158	Произвести ультразвуковой контроль эхо-методом готовой сварной конструкции согласно ГОСТ 21397-81															
Т159	Щётка из нержавеющей проволоки диаметром не более 0,15 мм,калибровочные и настроечные образцы,наклонные преобразователи															
160																
161																
162																
163																
164																
МК	Маршрутная карта															
															10	

										ФЮРА.02190.1ВМ01084				9	1		
Разраб.	Соколов В. О.			ОЭИ ИШНКБ ТПУ										ФЮРА. 60190.001			
Руковод.	Киселёв А. С.																
Н.контр.	Киселёв А. С.			Изготовление цистерны объёмом 5 м ³ из разнородных сталей										У			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа							
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.	
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.		
РС1	ПС	НП	ДС	lc	lэ	Пл	U	I	Vс	Vn	qоз	qдз	qк	Tu	Tn		
A01	2	3	3	055	Сборка					ИОТ №1, ГОСТ 14771-76 , СТО 00220368-011-2007							
B02	Сварочный полуавтомат Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud					3	сварщик	3	2	2	2						
03	Роликовый стенд					2	слесарь	3	1	2	2						
04	УШМ Bosch GWS 22-230 Н					2	сварщик	3	2	2	2						
05	Электронагреватель комбинированного действия КЭН-4-3					3	сварщик	3	2	2	2						
К/М06	Обечайка					ГОСТ 9617-76											
07	Сварочная проволока Св-08Х14ГНТ Ø2					ГОСТ 2246-70											
08	Углекислый газ					ГОСТ 8050-85											
09	Круги шлифовальные, Ø230 мм					ГОСТ 21963-2002											
010	1. Очистить до чистого металла кромки и прилегающие к ним поверхности с двух сторон на ширину не менее 20 мм.																
11	2. Обезжирить ацетоном в течение 5 – 8 минут.																
12	3. Подогреть торцы при помощи электронагревателя до температуры 100-120 °С на ширину не менее 100 мм в каждую сторону от стыка. Температуру подогрева контролировать термоиндикаторным карандашом.																
13																	
14	4. Установить по краям обечайки винтовые ступцыны.																
OK Операционная карта																	
																60	

										ФЮРА.02190.1ВМ01084					2	
															ФЮРА. 60190.002	
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
РС1	ПС	НП	ДС	lc	lэ	Пл	U	I	Vс	Vn	qоз	qдз	qк	Tu	Tn	
15	5. Выставить требуемый зазор, установив шупы равные величине зазора в стыке. Величина зазора в стыке должна быть $b=1\pm 1$ мм, т.к. по															
16	ГОСТ 14771-76 принята разделка кромок типа С8.															
17	6.Собрать на прихватках : длина прихваток не более 40 мм на расстоянии не более 180 мм и высотой 3-4 мм согласно эскизу ФЮРА															
18	20190.004															
РС19	Н	1	14	9-15	15-20	О	30-34	360-400	15-25м/ч	12м/ч	13л/мин					
20	7. Зачистить прихватки и кромки от шлака и брызг металла при помощи абразивного инструмента.															
T21	Зубило, молоток, щетка по металлу, термоиндикаторный карандаш.															
22																
A23	2	3	3	060	Сварка					ИОТ №1, ГОСТ 14771-76 , СТО 00220368-011-2007						
B24	Сварочный полуавтомат Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud					3	сварщик	3	2	1	1					
25	Роликовый стенд					2	слесарь	3	1	3	1					
26	УШМ Bosch GWS 22-230 Н					2	сварщик	3	2	2	1					
27	Электронагреватель комбинированного действия КЭН-4-3					3	сварщик	3	2	1	1					
К/М28	Обечайка					ГОСТ 9617-76										
29	Сварочная проволока Св-08Х14ГНГ Ø2					ГОСТ 2246-70										
OK Операционная карта															60	

											ФЮРА.02190.1ВМ01084				3	
															ФЮРА. 60190.003	
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
РС1	<i>ПС</i>	<i>НП</i>	<i>DC</i>	<i>lc</i>	<i>lэ</i>	<i>Пл</i>	<i>U</i>	<i>I</i>	<i>Vс</i>	<i>Vn</i>	<i>qоз</i>	<i>qдз</i>	<i>qк</i>	<i>Tи</i>	<i>Tн</i>	
30	Углекислый газ					ГОСТ 8050-85										
31	Круги шлифовальные, Ø230 мм					ГОСТ 21963-2002										
О32	1. Сварку стыка выполнять сразу после выполнения прихваток. Промежуток после выполнения прихваток и началом сварки должен составлять не более 4 часов. Проверить температуру подогрева стыка термоиндикаторным карандашом, если она окажется ниже 100°С, то осуществить повторный подогрев до температуры 100-120°С.															
33																
34	2.Приварить вводные, выводные планки. Следует применять вводные и выводные планки для вывода на них начального и конечного участков шва длиной 40 - 50 мм. Размер технологических планок не менее 100 мм															
35																
36	3.Перед сваркой продуть горелку и защитные устройства в течение 2-3 мин															
37	4.Сварить корень шва согласно эскизу ФЮРА 20190.004 с применением постоянного тока обратной полярности, выполнять короткой дугой без колебаний конца электрода															
РС38	Н	2	14	9-15	15-20	О	30-34	360-400	15-25м/ч	12м/ч	13л/мин					
39	5.Зачистить корень шва от закрязнений															
40	6.Заварить облицовочный шов															
РС41	Н	3	14	9-15	15-20	О	30-34	360-400	15-25м/ч	12м/ч	13л/мин					
42	7. Зачистить облицовочный слой шва от закрязнений.															
43	8. После сварки осуществить изотермическую выдержку более 10 часов при температуре равной 100-120 °С. Затем охладить до комнатной температуры.															
44																
OK		Операционная карта													60	

										ФЮРА.02190.1ВМ01084					4	
															ФЮРА. 60190.004	
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
B	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
K/M	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
PC1	<i>ПС</i>	<i>НП</i>	<i>ДС</i>	<i>lc</i>	<i>lэ</i>	<i>Пл</i>	<i>U</i>	<i>I</i>	<i>Vс</i>	<i>Vn</i>	<i>qоз</i>	<i>qдз</i>	<i>qк</i>	<i>Tu</i>	<i>Tn</i>	
T45	Зубило, молоток, щетка по металлу, термоиндикаторный карандаш.															
46																
A47	2	3	3	065	Сборка					ИОТ №1, ГОСТ 14771-76 , СТО 00220368-011-2007						
B48	Сварочный полуавтомат Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud					3	сварщик	3	2	1	1					
49	Установка для сварки днища с обечайкой					2	слесарь	3	1	3	1					
50	УШМ Bosch GWS 22-230 Н					2	сварщик	3	2	2	2					
51	Электронагреватель комбинированного действия КЭН-4-3					3	сварщик	3	2	2	2					
K/M52	Обечайка					ГОСТ 9617-76										
53	Эллиптическое днище из коррозионно-стойкой стали					ГОСТ 6533-78										
54	Сварочная проволока Св-08Х14ГНТ Ø2					ГОСТ 2246-70										
55	Углекислый газ					ГОСТ 8050-85										
56	Круги шлифовальные, Ø230 мм					ГОСТ 21963-2002										
O57	1. Установить в установку для сварки днища с обечайкой															
58	2. Очистить до чистого металла кромки и прилегающие к ним поверхности с двух сторон на ширину не менее 20 мм.															
59	3. Обезжирить ацетоном в течение 5 – 8 минут.															
OK Операционная карта															60	

										ФЮРА.02190.1ВМ01084					5	
															ФЮРА. 60190.005	
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
РС1	<i>ПС</i>	<i>НП</i>	<i>DC</i>	<i>lc</i>	<i>lз</i>	<i>Пл</i>	<i>U</i>	<i>I</i>	<i>Vс</i>	<i>Vn</i>	<i>qоз</i>	<i>qдз</i>	<i>qк</i>	<i>Tu</i>	<i>Tn</i>	
60	4. Подогреть торцы обечайки и днища при помощи электронагревателя до температуры 100-120 °С на ширину не менее 100 мм в каждую сторону от стыка. Температуру подогрева контролировать термоиндикаторным карандашом.															
61	5.С помощью специальной установки для сварки днища с обечайкой, установить днище в центральный толкатель и зафиксировать его при помощи пневмоцилиндров, которые захватывают и удерживают его.															
62																
63	6.Установить на торцевой поверхности днища шупы равные величине зазора в стыке. Величина зазора в стыке должна быть $b=1\pm 1$ мм, т.к. по ГОСТ 14771-76 принята разделка кромок типа С8.															
64																
65	7.Установить прихватки согласно эскизу ФЮРА 20190.005. Длина прихваток 80 мм с шагом 150-300 мм, сечение прихватки должно составлять 1/3 сечения первого прохода, но не более 4 мм.															
66																
РС67	Н	1	14	9-15	15-20	О	30-34	360-400	15-25м/ч	12м/ч	13л/мин					
68	8.Зачистить прихватки от закрязнений.															
Т69	Зубило, молоток, щетка по металлу, термоиндикаторный карандаш.															
70																
А71	2	3	3	070	Сварка					ИОТ №1, ГОСТ 14771-76 , СТО 00220368-011-2007						
Б72	Сварочный полуавтомат Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud					3	сварщик	3	2	2	2					
73	Установка для сварки днища с обечайкой					2	слесарь	3	1	3	1					
74	УШМ Bosch GWS 22-230 Н					2	сварщик	3	2	2	2					
OK		Операционная карта													60	

															ФЮРА.02190.1ВМ01084	6			
															ФЮРА. 60190.006				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.			
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.				
РС1	ПС	НП	ДС	lc	lэ	Пл	U	I	Vс	Vп	qоз	qдз	qк	Tи	Tп				
75	Электронагреватель комбинированного действия КЭН-4-3					3	сварщик	3	2	2	2								
К/М76	Собранное соединение обечайки и днища на прихватках					ГОСТ Р 52630-2012													
77	Сварочная проволока Св-08Х14ГНТ Ø2					ГОСТ 2246-70													
78	Углекислый газ					ГОСТ 8050-85													
79	Круги шлифовальные, Ø230 мм					ГОСТ 21963-2002													
О80	1. Сварить корень шва согласно эскизу ФЮРА 20190.005. Сварку стыка выполнять сразу после выполнения прихваток. Промежуток																		
81	после выполнения прихваток и началом сварки должен составлять не более 4 часов.																		
82	2. Проверить температуру подогрева стыка термоиндикаторным карандашом, если она окажется ниже 100°С, то осуществить повторный																		
83	подогрев до температуры 100-120°С.																		
РС84	Н	2,3	14	9-15	15-20	О	30-34	360-400	15-25м/ч	12м/ч	13л/мин								
85	2. Зачистить корень шва от закреплений																		
86	3. Заварить облицовочный шов																		
87	6. Зачистить облицовочный слой шва от закреплений																		
88	7. После сварки осуществить изотермическую выдержку более 10 часов при температуре равной 100-120 °С. Затем охладить до																		
89	комнатной температуры.																		
OK		Операционная карта													60				

										ФЮРА.02190.1ВМ01084					7				
										ФЮРА. 60190.007									
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код,наименование,оборудования								СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала								Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
РС1	ПС	НП	DC	lc	lз	Пл	U	I	Vс	Vn	qоз	qдз	qк	Tu	Tn				
T90	Зубило, молоток, щетка по металлу, термоиндикаторный карандаш.																		
91																			
A92	2	3	3	075	Сборка					ИОТ №1, ГОСТ 14771-76 , СТО 00220368-011-2007									
B93	Сварочный полуавтомат Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud								3	сварщик	3	2	1	1					
94	Роликовый стенд								2	слесарь	3	1	3	1					
95	Электронагреватель комбинированного действия КЭН-4-3								3	сварщик	3	2	1	1					
96	УШМ Bosch GWS 22-230 Н								2	сварщик	3	2	2	2					
K/M97	Цистерна								ГОСТ 9617-76										
98	Люк								ОСТ 26-2002-83										
99	Сварочная проволока Св-07Х25Н12Г2Т Ø3								ГОСТ 2246-70										
100	Углекислый газ								ГОСТ 8050-85										
101	Круги шлифовальные, Ø230 мм								ГОСТ 21963-2002										
O102	1. Очистить до чистого металла кромки и прилегающие к ним поверхности с двух сторон на ширину не менее 20 мм.																		
103	2. Обезжирить ацетоном в течение 5 – 8 минут.																		
104	3. Подогреть торцы люка и отверстия под люк при помощи электронагревателя до температуры 100-120 °С на ширину не менее 100 мм в каждую сторону от будущего соединения. Температуру подогрева контролировать термоиндикаторным карандашом.																		
OK	Операционная карта																60		

											ФЮРА.02190.1ВМ01084				8	
															ФЮРА. 60190.008	
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа						
B	Код,наименование,оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
K/M	Наименование детали,сб.единицы или материала					Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
РС1	<i>ПС</i>	<i>НП</i>	<i>DC</i>	<i>lc</i>	<i>lэ</i>	<i>Пл</i>	<i>U</i>	<i>I</i>	<i>Vс</i>	<i>Vn</i>	<i>qоз</i>	<i>qдз</i>	<i>qк</i>	<i>Tu</i>	<i>Tn</i>	
105	4. Собрать соединение на пяти прихватках в соответствии с эскизом ФЮРА 20190.006. Ширина прихваток 4-6 мм, высота 5-6 мм, длина 50-60 мм.															
106																
107	5. Необходимо соблюдать правильный угол наклона электрода. По направлению ведения электрода осуществить правый способ															
108	расположения держателя.															
РС109	В	1	14	9-15	15-20	О	30-34	360-400	15-25м/ч	12м/ч	13л/мин					
110	6. Зачистить прихватки от закреплений.															
T111	Зубило, молоток, щетка по металлу, термоиндикаторный карандаш.															
112																
A113	2	3	3	080	Сварка					ИОТ №1, ГОСТ 14771-76 , СТО 00220368-011-2007						
B114	Сварочный полуавтомат Aristo Mig 4004i Pulse WeldCloud					3	сварщик	3	2	1	1					
115	Роликовый стенд					2	слесарь	3	1	3	1					
116	Электронагреватель комбинированного действия КЭН-4-3					3	сварщик	3	2	1	1					
117	УШМ Bosch GWS 22-230 Н					2	сварщик	3	2	2	2					
K/M118	Собранное соединение цистерны и люка на прихватках					СТО 00220368-011-2007										
119	Сварочная проволока Св-07Х25Н12Г2Т Ø3					ГОСТ 2246-70										
OK Операционная карта																
															60	

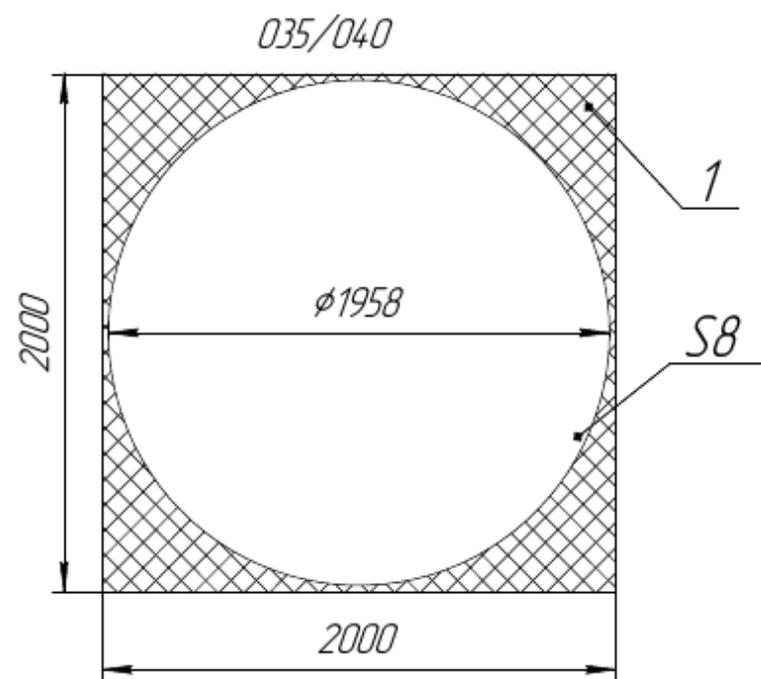
										ФЮРА.02190.1ВМ01084					9				
															ФЮРА. 60190.009				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код,наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код,наименование,оборудования								СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали,сб.единицы или материала								Обозначение,код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
РС1	<i>ПС</i>	<i>НП</i>	<i>DC</i>	<i>lc</i>	<i>lз</i>	<i>Пл</i>	<i>U</i>	<i>I</i>	<i>Vс</i>	<i>Vп</i>	<i>qоз</i>	<i>qдз</i>	<i>qк</i>	<i>Tи</i>	<i>Tп</i>				
120	Углекислый газ								ГОСТ 8050-85										
121	Круги шлифовальные, Ø230 мм								ГОСТ 21963-2002										
О122	1. Сварить корень шва согласно эскизу ФЮРА 20190.006 и ФЮРА 20190.007. Сварку выполнять сразу после выполнения прихваток.																		
123	Промежуток после выполнения прихваток и началом сварки должен составлять не более 4 часов.																		
124	2. Проверить температуру подогрева стыка термоиндикаторным карандашом, если она окажется ниже 100°С, то осуществить повторный подогрев до температуры 100-120°С. Температуру подогрева контролировать термоиндикаторным карандашом.																		
125																			
РС126	В	2	14	9-15	15-20	О	30-34	360-400	15-25м/ч	12м/ч	13л/мин								
127	3.Зачистить корень шва от закрзнений																		
128	4.Заварить облицовочный шов																		
РС129	В	3	14	9-15	15-20	О	30-34	360-400	15-25м/ч	12м/ч	13л/мин								
130	5. Зачистить облицовочный слой шва от закрзнений.																		
131	6. После сварки осуществить изотермическую выдержку более 10 часов при температуре равной 100-120 °С. Затем охладить до																		
132	комнатной температуры.																		
Т133	Зубило, молоток, щетка по металлу, термоиндикаторный карандаш.																		
134																			
OK Операционная карта																			
60																			

Дудл														
Взам														
Подл														

ФЮРА.02190.8/161134 7 2

Разработ	Сакалов В.О.	15.04.2022	ОЭИ ИШНКБ ТПУ	ФЮРА.20190.002
Проверил	Киселев А.С.			

И контр. Киселев А.С. Раскрой листа под днище У



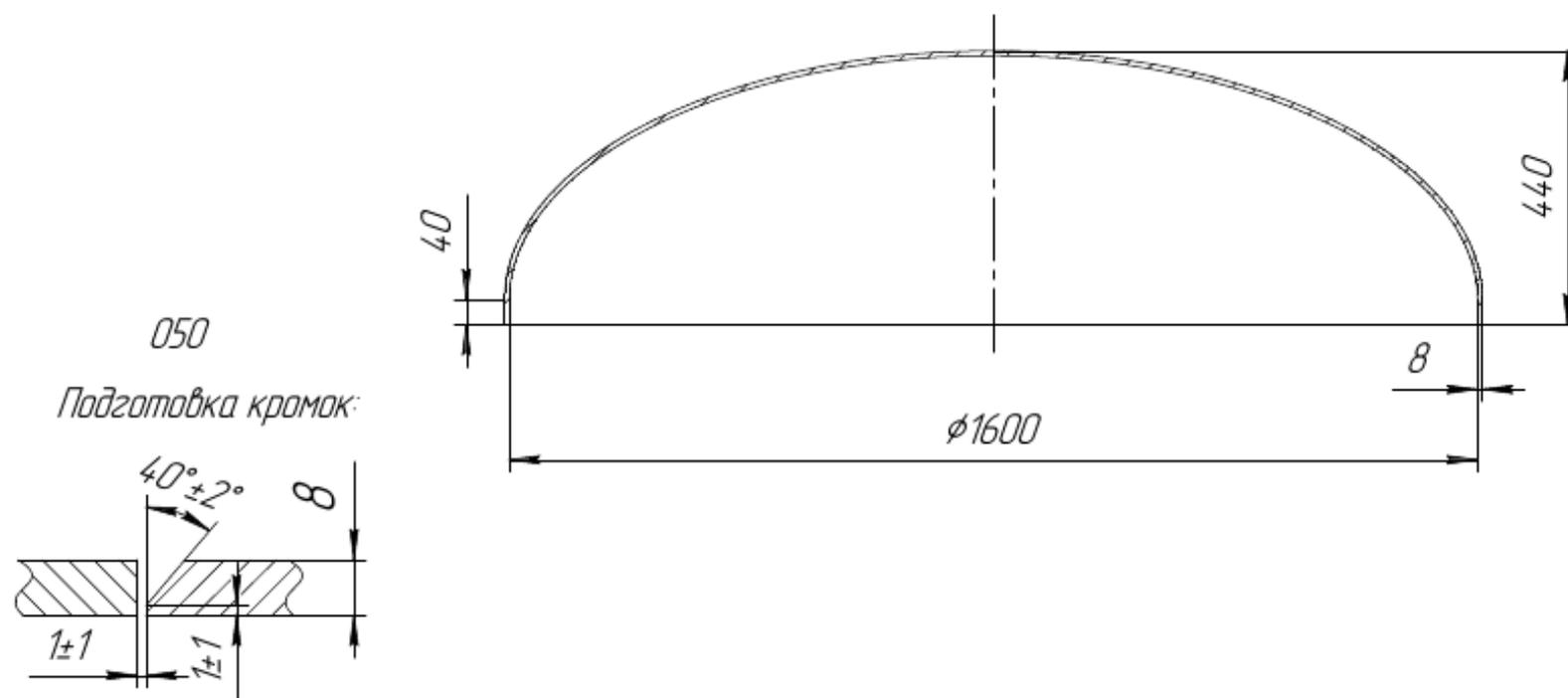
Номер детали	Количество
1	2

Примечание: данный раскрой является оптимальным, так как потеря металла составляет 24,7%.

▨ - Отходы □ - Полезный металл

КЭ		20
----	--	----

Дудл.																			
Взам.																			
Годл.																			
											ФЮРА.02190.8/161134		7	3					
Разработ	Соколов В.О.		15.04.2022	ОЭИ ИШНКБ ТПУ							ФЮРА.20190.003								
Проверил	Киселев А. С.																		
Н. контр.	Киселев А. С.			Днище эллипсоидное отбортованное из 08Х13							У								

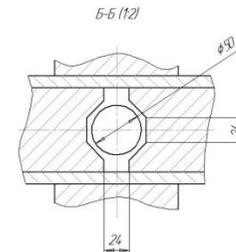
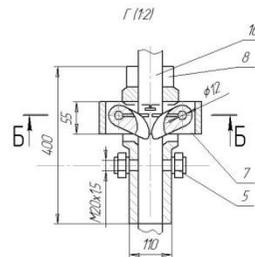
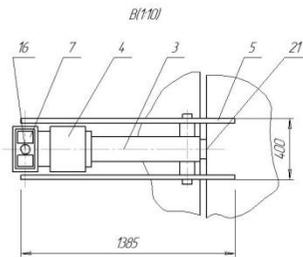
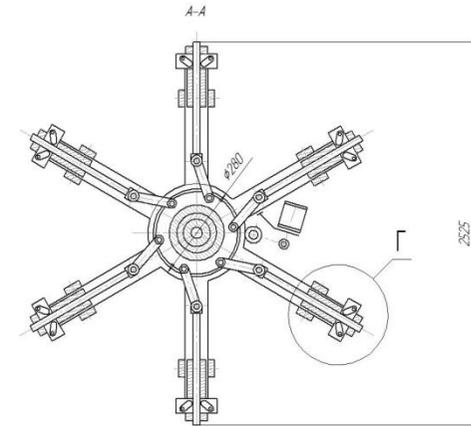
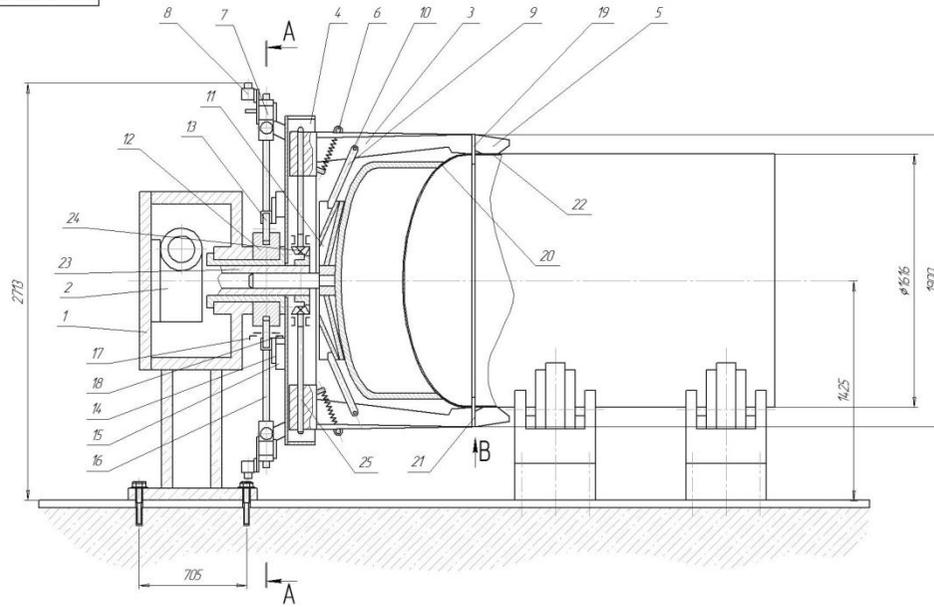


КЭ																			20
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Приложение Б
(Обязательное)

Чертёж установки для сварки днища с обечайкой

ФЮРА.676.132.007.В0



Технические требования:

1. Размеры для сварки.
2. Покрытие подвижных частей установки эмаль НЦ-132П ГОСТ6631-74, голубая, У1.
3. Покрытие неподвижных частей установки эмаль НЦ-132П ГОСТ6631-74, зеленая, У1.

Колонт.	Знач.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
			Сварочные единицы		
1			Станина	1	
2			Электропривод	1	
3			Центрирующий токодержатель днища	6	
4			Направляющие	6	
5			Токодержатель обечайки	6	
6			Рычаг подпружиненный	6	
7			Плавящийся клиновид	6	
8			Вал	6	
9			Электромагнит управляющий	6	
10			Подпружиненная опора	6	
11			Пружина	6	
12			Направляющая ступка	6	
13			Кольцо	1	
14			Шпатель	6	
15			Направляющие	6	
16			Шток	6	
17			Торцевик	1	
18			Торцевик	1	
19			Элемент фиксирующий	3	
20			Длинная	1	
21			Элемент	3	
22			Обечайка	1	
23			Приводной вал	1	
24			Коническая передача	1	
25			Винт	6	

ФЮРА.676.132.007.В0

Исполн.	М.В.К.	Провер.	В.В.В.	Дата	12.01.20	Масштаб	1:20
Материал	Сталь	Сварочный материал	Эмаль НЦ-132П	Лист	1	Из всего	1
Исполн.	С.М.З.	Проверен	А.А.С.	Дата		Формат	A1

Приложение В
(Справочное)

Chapter 1
Literature review

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ВМ01	Соколов Владислав Олегович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Киселев А. С.	к.т.н., доцент		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Устюжанина А. К.	к.филол.н.		

1 Literature review

1.1 Concept of dissimilar steels

Heterogeneous steels are steels that differ in chemical composition, structural class, degree of alloying, type, susceptibility to welding with each other, as well as the degree of thermal conductivity [1].

Dissimilar steels have differences in atomic-crystal structure face-centered cubic lattice (FCC), volume-centered cubic lattice (VCC) or belong to different structural classes (austenitic, pearlite, ferrite, martensitic), as well as steel with the same cubic lattice, but belonging to different groups by degree and type of alloying (low alloyed, alloyed, high-alloyed) [2].

According to the content of the amount of carbon in the composition of steel, it is divided into:

- low-carbon steels (carbon content less than 0,25%);
- medium-carbon steels (carbon content ranges from 0,25 to 0,46%);
- high-carbon steels (carbon content ranges from 0,46 to 0,75%).

Depending on the content of alloying elements, steels are divided into:

- low-alloy steels (less than 5%);
- medium-alloy steels (not more than 10%).
- high-alloy steels (over 10%).

Steels are divided depending on the content of harmful impurities (sulfur and phosphorus) in the chemical composition of steel:

- red-brittle steels (with increasing sulfur content, the degree of red-brittleness increases);
- cold-brittle steels (increasing the phosphorus content increases the degree of cold-brittleness).

Steels in which harmful impurities (sulfur and phosphorus) are removed by deoxidation or chemical elements are introduced that neutralize their effect on steel properties are called heat- and cold-resistant steels.

Table 1 shows the different structural classes and types of steels from which welded structures are made.

Table 1 – Classification of steels used in welded joints of dissimilar steels

Structural Class	Group	Characteristics of steels	Stamps
Pearlite	I	Low-carbon	СтЗсп, 20 and etc.
	II	Structural low-carbon and low-alloy	10XCHД, 12XH2, 20XГСА
	III	Medium-carbon low-alloy high-strength	40X, 30XГСА, 40XH2MA
	IV	Heat-resistant chromium-molybdenum	15XM, 20XMЛ, 30XMA
	V	Heat-resistant chromium-molybdenum-vanadium	12X1MΦ, 15X1M1Φ
Martensitic, martensitic-ferritic and ferritic	VI	12% chromium corrosion-resistant	08X13, 12X13
	VII	High-chromium acid-resistant and heat-resistant	12X17, 15X25T, 14X17H2, X25H5ГMΦ
	VIII	12% chromium heat-resistant	15X11MΦ, 15X12BHМΦ

Continued Table 1

Austenitic-ferritic and austenitic steels and iron-nickel-based alloys	IX	Austenitic and austenitic-ferritic acid-resistant and heat-resistant	12X18H10T, 10X17H13M3T, 12X16H9M2
	X	Heat resistant austenitic	XH35BT, 08X15H24B4TP
	XI	Heat resistant nickel-based	XH65BMTIO
	XI	Heat-resistant austenitic	20X23H18, 20X25H20C2, XH78T

Structures made of dissimilar steels are called combined constructions. They are used when individual parts of the structure have to work under conditions that differ in temperature, different mechanical influences (alternating load, wear, etc.) without fracture.

1.2 Special features of welding technology of dissimilar steel structures

Current constructions made by means of welding are more and more often made of structural, heat-resistant and corrosion-resistant steels of different structural classes. In today's world, alloyed steels are widely used for individual components of the welded structure made of dissimilar steels, where parts of the structure are exposed to aggressive media, high temperatures and high stresses. Welded joints in such products are made of different structural classes or one structural class of different alloying (Table 1).

Combinations of pearlite class steels with martensitic-ferritic corrosion-resistant high-chromium steels prevail.

The operating conditions of the structure have a great influence on the selection of welding materials, their operational reliability and the welding technology itself (Table 2).

Table 2 - Working conditions and applications of heterogeneous steel welded joints

Terms of work	Application	Types of welded units	Groups of steels to be welded
Normal conditions (general purpose welded structures)	Building structures	Beams, trusses	I и II
	Pipelines	Connecting auxiliary elements to the pipes, pipe joints	
	Pressurized vessels	Connection of auxiliary elements and pipelines to the vessel shell	
	Machine and machine assemblies	Gears, shafts, levers	I и II, I и III, II и III
	Hydroturbine units	Impellers, stators, blades	II и VI, II и IX
Corrosion and elevated temperatures	Chemical and petrochemical industries	Connection of pipelines and attachment assemblies to vessel shells; heat exchangers	I и VI, II и VI, I и VII, II и VII, I и VIII, II и VIII

Continued Table 2

High temperatures	Power plant assemblies	Diaphragms of steam turbines, pipeline joints, rotors	I (IV) и VI (VIII), V и X.
		Joints of pipes of heating surfaces and steam pipes	I (IV) и IX
		Combustion chambers and burners	I и XII
		Joints of pipelines with the reactor vessel	IV и IX

Additional factors when working with dissimilar steels also influence the definition of welding materials, the technology of direct welding and the reliability of the structure:

- heterogeneous composition in the weld metal due to penetration during the welding process of the base metal of a different alloying than the weld metal;
- formation of interlayers of different composition in the fusion zone of low-strength and brittle crystallization and diffusion interlayers;
- appearance of residual stresses after welding, which are difficult to eliminate by heat treatment in steels of different structural classes.

In conclusion, finished welds in the construction of dissimilar steels exhibit a clear heterogeneity in chemical, structural and mechanical parameters. When welding dissimilar steels in several layers, all layers of the weld have different chemical compositions, i.e. chemical heterogeneity of the weld.

In multilayer welding of dissimilar steels, chemical heterogeneity of the weld metal, i.e. unequal chemical composition of the metal of different layers of the weld may be observed. To determine the chemical composition of the specific seam layer, the participation shares of the deposited and melted base metal are used, respectively, the sides steel in the welded joint [3].

1.3 Description of the welded structure

Cistern is an artificial enclosed structure or vessel for storage or transportation of liquids, liquefied gases, bulk solids.

The Cistern is made of corrosion-resistant heat-resistant steel 08X13 [1].

Steel 08X13 uses in the production of parts with high ductility, which are exposed to shocks and mechanical dynamic loads during operation - nodes of presses, turbine parts. Also alloy 08X13 is used to produce elements operating under the influence of weak aggression such as precipitation, saline solutions, organic acids.

Deciphering of 08X13: "08" is a carbon content in the alloy up to 0,08%. "X13" equals a part of chromium in an amount of about 13%.

As can be seen from the deciphering of 08X13, the percentage of chromium in the steel composition is significantly increased. It provides an increased level of corrosion resistance. In addition, there is no nickel in the alloy.

Steel 08X13 is characterized by a high degree of resistance to corrosion formation in the most unusual operating conditions of products made of it. The highest resistance to corrosion 08X13 shows in the following operating conditions:

- nitric acid with a concentration of 10–20% at 40°C;
- nitric acid with a concentration of 30% at 20°C;
- aqueous solutions of any concentration at 20–100°C;
- ethyl alcohol at room temperature;
- sulfuric acid with a concentration of 90–100% at room temperature;
- food stuff – fruit and berry mixtures, molasses and sugar alcohol, oil.

Special properties of 08X13 steel include: heat resistance in oxidizing environments at high temperatures – reaching 800°C; operation 08X13 in hydrogen at 600°C and 80MPa.

Steel type 08X13 can serve as a material for products exploited in mildly aggressive environments (food, meat and milk, alcoholic beverage industries, mining

equipment, medical devices and household items), as well as in nitric and acetic acids at room temperature. The weldability of this steel is satisfactory.

The tank consists of one shell, two hemispheres (bottoms).

Hemispheres - products are extruded from a welded round billet on a press in a special tooling. The shells are rolled and welded at the welding site. Subsequently, a manhole is welded from carbon construction steel of ordinary quality Ст3сп.

The thickness of all parts to be welded is 8 mm.

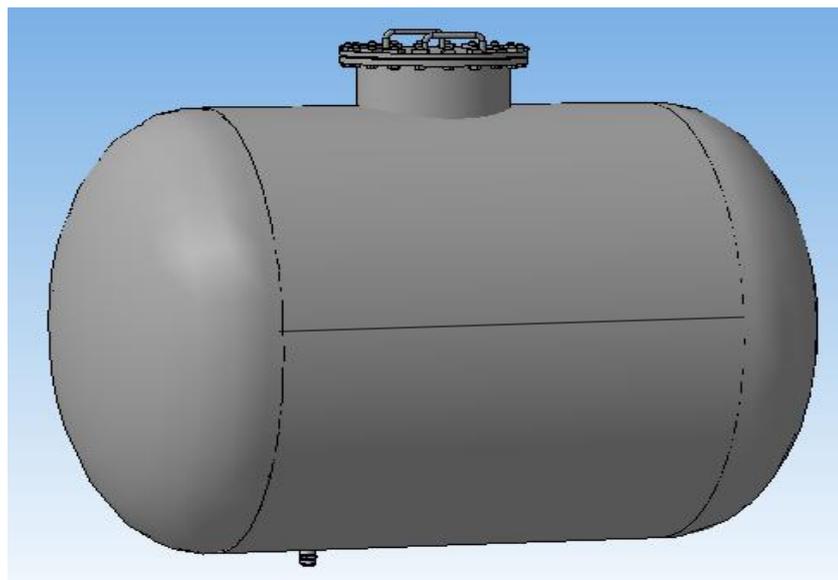


Figure 1 – A cistern (volume 5m³)

1.4 Basic construction material

Carbon steel of ordinary quality Ст3сп and corrosion-resistant heat-resistant steel 08X13 are used for the manufacture of this construction.

Ст3сп is an ordinary quality steel. According to the degree of deoxidation, this steel is semi-quiet. It is intermediate between boiling and quiescent steel in terms of aging tendency. Ordinary steel is supplied bypassing heat treatment in hot-rolled form. Metal structures made of this steel are not subjected to heat treatment at the final stage of production. This steel is manufactured in accordance with GOST 380-2005.

Table 3 shows the chemical composition of steel Cr3sp according to GOST 380-2005 [4].

Table 3 – Chemical composition of steel Cr3sp according to State Standard 380-2005

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,14 – 0,22	0,05 – 0,15	0,4 – 0,65	less 0,3	less 0,05	less 0,04	less 0,3	less 0,008	less 0,3	less 0,08

Table 4 shows the mechanical properties of steel VSt3sp according to GOST 535-2005 [5].

Table 4 – Mechanical properties of steel Cr3sp according to GOST 535-2005

Rupture strength, MPa	Flow limit, MPa	Percentage extension, %	Impact toughness, J/sm ²
370–480	205–245	23–26	78

High-chromium steels are used as corrosion-resistant, heat-resistant and heat-resistant steels. Of the corrosion-resistant (sufficiently resistant against atmospheric corrosion and in slightly aggressive liquid media) are usually used steels with 13% Cr - respectively grades 08X13, 12Cr13 and 20Cr13. At the same time these steels have heat resistance up to ~650°C and sufficient heat resistance up to 480–500°C. The chemical composition of 08X13 steel is given in Table 1[6].

Table 5 – Chemical composition of 08X13 steel according to GOST 5949-2018

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
less 0,08	less 0,8	less 0,8	less 0,6	less 0,025	less 0,03	12 – 14

Table 6 – Mechanical properties of sheet steel 08X13 according to GOST 7350-77

Rupture strength, MPa	Flow limit, MPa	Percentage extension, %	Impact toughness, J/sm ²
420	295	23	230

1.5 Weldability of the base material of the structure

Cold cracks are caused by steel hardening during rapid cooling and by hydrogen saturation of the weld metal and the heat affected zone. These cracks mainly appear for some time after welding and surfacing and grow over several hours and sometimes even days. To determine the propensity of metal to cold cracks carbon equivalent is used, which can be used as an indicator, in the preliminary assessment, characterizing the weldability of the base metal [9].

The equivalent carbon content is found by the formula:

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15},$$

where C, Mn, Cr, V, Mo, Cu, Ni – content of the main alloying elements in the base metal in percent.

Ст3сп steel, according to the classification of steels by weldability, has good weldability, as the equivalent carbon content in it is less than 0,25% and does not require additional heat treatment before, after and during welding (preheating, overheating and tempering).

Steel 08X13 according to the classification of steels by weldability has limited weldability, as under welding thermal cycle conditions in the peri-seam areas (as well as in the weld metal, if its composition is similar to the welded metal) are hardened to martensite with high hardness and low deformation capacity. As a result of deformations accompanying welding, as well as the action of high residual and structural stresses present in the welded joints in the initial state after welding, cold cracks may form in such metal. They are formed at the last stage of continuous cooling (at temperatures ~100°C and lower) or when the metal is kept at room temperatures.

High tempering is necessary to improve the structure and properties. The structure after tempering is characterized by sorbitol tempering, with some or other amount of free ferrite. The best properties are achieved with complete or almost complete absence of free ferrite in the structure [9].